



**INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2018

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII regiones.

**Sección II. Merluza de cola**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2019



## **INFORME FINAL**

Convenio de Desempeño 2018

Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII regiones.

### **Sección II. Merluza de cola**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2019**

#### **REQUIRENTE**

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y  
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretaría de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño  
**Ignacio Guerrero Toro**

#### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo  
**Luis Parot Donoso**

Jefe (I) División Investigación Pesquera  
**Sergio Lillo Vega**

#### **JEFE DE PROYECTO**

**René Vargas Silva**



SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Julio 2019

### **AUTORES POR OBJETIVO**

*Estimación hidroacústica de la abundancia y biomasa de merluza de cola*  
Javier Legua Delgado  
René Vargas Silva

*Determinación de talla y edad de merluza de cola*  
Renato Céspedes Michea  
Vilma Ojeda Cerda  
Héctor Hidalgo Valdebenito  
Lizandro Muñoz Rubio

*Índice gonadosomático, estadíos de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza de cola*  
Mauricio Landaeta Díaz  
Gustavo Herrera Urzúa  
Erika López Soto  
Paola Troncoso Guerra  
Luis Rodríguez Carter

*Importancia relativa fauna acompañante de merluza de cola*  
René Vargas Silva

*Ítems alimentarios de merluza de cola*  
Sebastián Klarian  
Fernanda Vargas  
Carolina Cárcamo  
Joseph Julca  
Ivonne Quintanilla

*Análisis de las agregaciones de merluza de cola*  
Bernardo Leiva Pérez

### **COLABORADORES**

*Muestreo biológico a bordo*  
Oscar Nancul Paillamán  
Roberto Galaz Ubilla  
Braulio Acuña Guajardo  
Alex Calbucoi Ruiz



## RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde al Informe final del proyecto “Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones”. Se presentan los estimados de biomasa y abundancia, estructura de talla y edad, distribución espacial, fauna acompañante, condiciones reproductivas, características de las agregaciones e ítems alimentarios de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), observados en un crucero de prospección pesquera realizado en agosto de 2018 en la zona sur-austral de Chile.

El proyecto contempló un crucero de prospección acústica y pesquera a bordo del buque pesquero de alta mar “Friosur VIII”, el cual, en su primera etapa, denominado crucero 1, se prolongó entre el 3 y el 15 de agosto de 2018 y se orientó a la prospección hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola en el área comprendida entre las latitudes 43°30’S y 47°05’S.

Se efectuaron un total de 65 transectas, 43 separadas cada 5 mn, adicionalmente, en la zona de los cañones de Guafo, Guamblin y Taitao se realizaron 22 intermedias a distancias de 2,5 millas. Se efectuaron 25 lances de pesca de identificación en el total de la zona de estudio.

El stock de merluza de cola presentó una biomasa estimada a través del método geoestadístico de 221.394 t ( $LC_{\alpha=5\%} = 203.284 - 239.504$ ), valor 23% inferior al estimado durante el crucero efectuado en agosto de 2017. Por el método bootstrap, la biomasa alcanzó un valor de 191.527 t con un intervalo de confianza entre 176.096 y 206.957 t.

La abundancia se estimó en 602.129.141 individuos de los cuales 312.167.476 (52%) fueron machos y 289.961.665 (48%) hembras, el total del estimado representa un decremento de 37% respecto del periodo 2017. La estructura por GE del recurso mostró la presencia relevante (>5%) de los GE II al IV en machos y hembras, que en conjunto aportan entre 85 y 90% de la estructura, cuyas longitudes totales (LT en cm) promedios se encuentran en el rango 38 – 75 cm.

El centro de masa de la distribución espacial del stock evaluado de merluza de cola se localizó en la latitud 44°47,9’ S, con una inercia latitudinal de 0,9°, posición que estuvo desplazada 4 mn hacia el norte respecto al año 2017. Esta posición central es comparable a los valores observados en la mayoría de los estudios previos realizados en la zona.

La estructura de talla del año 2018 registró un alto predominio de ejemplares juveniles en el área de estudio, situación también observada en los años 2008, 2011, 2013, 2016, 2017; correspondiendo el año 2018 a ejemplares entre los 30-49 cm, representando los individuos juveniles a un 67%, del total de individuos observados.



En relación con la condición reproductiva, se pudo observar que solo un 1% de la población correspondió a hembras desovadas y un 78% a hembras en maduración y maduras que se estaban preparando para el desove. El IGS promedio estimado fue de 7,6 con valores individuales extremos de 0,02 y 26,27. Los peces con gónadas inmaduras presentaron un IGS promedio de 0,35 el que aumentó a 13,3 en los peces sexualmente maduros. En el periodo final de muestreo que abarcó entre el 15 y 19 de agosto, se encontraron la mayor cantidad de hembras maduras coincidente con un valor alto del IGS de 12,1.

El ajuste de la ojiva de madurez a partir de observaciones microscópicas de los ovarios, con base en un modelo lineal generalizado, no logró obtener una estimación representativa de la talla media, ni de la edad media de madurez sexual.

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 13 especies. La fauna presente en la zona de estudio está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza del sur y merluza de cola. Ambas especies representaron un 98% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por merluza de tres aletas y congrio dorado. Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando menos del 1% de la captura total obtenida durante el crucero. La fauna acompañante de merluza del sur, durante el crucero, estuvo compuesta en 96,9% por merluza de cola

Merluza de cola se alimenta de peces meso pelágicos y camarones para su supervivencia, siendo una especie generalista. No existen diferencias de la alimentación a través de los distintos tamaños ni sexos estudiados. Mientras que el análisis bayesiano confirmó, que la merluza de cola es un depredador que realiza su alimentación en un ambiente meso pelágico



---

## EXECUTIVE SUMMARY

---

This is the final report of the project "Evaluation of the spawning stock of southern hake, Hoki, and southern blue whiting in the external waters between the X and XII Regions." It presents biomass and abundance estimates, size and age structure, spatial distribution, accompanying fauna, reproductive conditions, characteristics of aggregations and food items of Hoki (*Macruronus magellanicus*), observed in August 2018 in Chile's southern Austral zone.

The project included an acoustic and fishing survey on board the offshore fishing vessel "Friosur VIII," which, in its first stage called cruise 1, lasted from August 3 to 15, 2018, and was aimed at the hydroacoustic prospecting of southern hake and Hoki in the area between latitudes 43°30'S and 47°05'S.

In total 65 transects were undertaken, 43 separate ones every 5 nm. In addition, near the Guafo, Guamblin and Taitao underwater canyons, 22 intermediates were conducted at distances of 2.5 miles. Overall, 25 identification fishing sets were carried out in the study area.

Hoki stock was estimated through the geostatistical method to reach a biomass of 221,394 t ( $LC_{\alpha=5\%} = 203,284 - 239,504$ ), 23% less than the estimate during the cruise in August 2017. Applying the bootstrap method, biomass reached a value of 191,527 t with a confidence interval between 176,096 and 206,957 t.

Abundance was estimated at 602,129,141 individuals of which 312,167,476 (52%) were males and 289,961,665 (48%) females. The total estimate represents a decrease of 37% with respect to the 2017 period. The AG structure of the resource showed the relevant presence (> 5%) of AG II to IV in males and females, which together contribute between 85 and 90% of the structure, and whose total lengths (TL in cm) are in the 38-75 cm range.

The center of mass of the spatial distribution of the Hoki stock evaluated was located at latitude 44°47.9'S, with latitudinal inertia of 0.9°, 4 nm further north than in 2017. This central position is comparable to the values observed in most studies conducted in the area.

The 2018 size structure contained a high prevalence of juveniles in the study area, just like in 2008, 2011, 2013, 2016, 2017; corresponding to specimens of 30-49 cm in 2018 making up 67% of the total observed.

Regarding reproductive condition, it was observed that only 1% of the population corresponded to spawned females and 78% to maturing and mature females that were preparing for spawning. The average estimated IGS was 7.6 with extreme individual values of 0.02 and 26.27. Fish with immature gonads had an IGS mean of 0.35 which increased to 13.3 in sexually mature fish. In the final sampling period between August 15 and 19, the highest number of mature females was found, coinciding with a high IGS value of 12.1.



Adjustment of the maturity arch from microscopic observations of the ovaries, based on a generalized linear model, failed to obtain a representative estimate of the mean size, or the mean age of sexual maturity.

During the cruise, 13 species were captured and identified. The fauna present in the study area is composed mainly of two species: southern hake and Hoki. Both species represented 98% of the catch in the area, followed in importance by southern blue whiting and Golden Kingclip. Other species were present in very low proportion at below 1% of total catch. The southern hake's accompanying fauna, during the cruise, was composed of 96.9% of Hoki.

As a generalist species, Hoki – no matter which size or sex – feeds on meso-pelagic fish and shrimp, while Bayesian analysis confirmed that Hoki is a predator that feeds in a meso-pelagic environment.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN EJECUTIVO.....	i
EXECUTIVE SUMMARY .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE TABLAS .....	xiv
1. OBJETIVO GENERAL.....	1
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
3. ANTECEDENTES.....	2
4. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	6
4.1 Área y período de estudio.....	6
4.2 Embarcaciones y equipos.....	6
4.2.1 Embarcación .....	6
4.2.2 Equipos .....	6
4.3 <b>Objetivo Específico 1</b>	
<i>Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección merluza de cola .....</i>	<i>7</i>
4.3.1 Diseño del muestreo .....	7
4.3.2 Transectas de muestreo acústico.....	7
4.3.3 Identificación de ecotrazos .....	8
4.3.3.1 Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor .....	8
4.3.4 Estimación de la abundancia y biomasa .....	9
4.3.4.1 Estimación del área .....	13
4.3.5 Distribución espacial del recurso .....	13
4.4 <b>Objetivo Específico 2</b>	
<i>Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de cola.....</i>	<i>17</i>
4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual.....	15
4.4.2 Composición de edades del stock de merluza de cola.....	17
4.4.2.1 Análisis de los otolitos .....	17
4.4.2.2 Clave talla-edad .....	17
4.4.2.3 Estimación de la estructura etaria del stock evaluado.....	17
4.4.2.4 Peso medio a la edad.....	18
4.4.2.5 Estimación del tamaño de la muestra para la estimación de la edad .....	19





4.4.2.6	Madurez a la edad .....	19
4.4.2.7	Relación longitud - peso .....	19
<b>4.5</b>	<b>Objetivo Específico 3</b>	
	<i>Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación. Sección merluza de cola .....</i>	20
4.5.1	Metodología a bordo .....	20
4.5.2	Análisis de laboratorio .....	21
<b>4.6.</b>	<b>Objetivo Específico 4</b>	
	<i>Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio. Sección merluza de cola.....</i>	25
4.6.1	Análisis de los datos .....	25
4.6.2	Análisis comunitario .....	26
4.6.3	Identificación de agrupaciones específicas.....	26
<b>4.7.</b>	<b>Objetivo Específico 5</b>	
	<i>Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección merluza de cola .....</i>	27
4.7.1	Contenido estomacal .....	27
4.7.2	Observación del lente ocular .....	27
4.7.3	Análisis de los datos .....	29
4.7.3.1	Análisis de contenido estomacal.....	29
4.7.3.2	Análisis del lente ocular .....	31
<b>4.8</b>	<b>Objetivo Específico 6</b>	
	<i>Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. Sección merluza de cola .....</i>	31
4.8.1	Descriptores y variables utilizadas en el análisis .....	32
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivo Específico 1</b>	
	<i>Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. Sección merluza de cola .....</i>	
5.1.1	Sistema de eointegración.....	35
5.1.2	Lances de identificación de ecotrazos .....	35
5.1.3	Análisis geoestadístico .....	35
5.1.4	Biomasa y abundancia .....	36
5.1.5	Distribución espacial y batimétrica .....	36



<b>5.2</b>	<b>Objetivo Específico 2</b>	
	<i>Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. Sección merluza de cola</i>	36
5.2.1	Composición de tallas	37
5.2.2	Distribución de talla del crucero 2018 respecto de los cruceros anteriores	37
5.2.3	Composición de la estructura de edades	38
5.2.3.1	Composición histórica de la estructura de edades	39
5.2.4	Proporción sexual de la abundancia	40
5.2.5	Edad mediana de la abundancia	41
5.2.6	Edad y estados de madurez	41
<b>5.3</b>	<b>Objetivo Específico 3</b>	
	<i>Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación. Sección merluza de cola</i>	43
5.3.1	Estadios de madurez sexual (EMS)	43
5.3.2	Análisis histológico de las gónadas	43
5.3.3	Índice gonadosomático (IGS)	43
5.3.4	Índices de actividad reproductiva	44
5.3.5	Talla media y edad media de madurez sexual	44
5.3.6	Fecundidad	45
<b>5.4</b>	<b>Objetivo Específico 4</b>	
	<i>Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio. Sección merluza de cola</i>	46
5.4.1	Distribución batimétrica y espacial	46
5.4.2	Parámetros comunitarios	47
<b>5.5</b>	<b>Objetivo Específico 5</b>	
	<i>Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. Sección merluza de cola</i>	48
5.5.1	Análisis de contenido estomacal (ACE)	48
5.5.2	Análisis de Isótopos Estables (AIE)	48
<b>5.6</b>	<b>Objetivo Específico 6</b>	
	<i>Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. Sección merluza de cola</i>	49
5.6.1	Resultados generales descriptivos	49
5.6.1.1	Descriptor morfológicos	49
5.6.1.2	Descriptor batimétricos	50
5.6.1.3	Descriptor de energía	50



5.6.2	Resultados de los descriptores segun zonas y caiones .....	50
5.6.2.1	Zona de caiones .....	50
5.6.2.2	Subdivisi3n latitudinal.....	51
5.6.2.3	Subdivisi3n segun profundidad del fondo.....	52
5.6.3	Analisis de componentes principales (ACP).....	52
5.6.4	Resultados serie 2007-2018.....	53
<b>6.</b>	<b>ANALISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>62</b>

**FIGURAS**

**TABLAS**

**ANEXO**

Anexo 1. Talleres.



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

- Figura 1.** Área de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.
- Figura 2.** Buque Hielero “Friosur VIII”, en el cual se desarrolló el crucero de evaluación.
- Figura 3.** Plano de la red comercial GLORIA 1408 utilizada en el estudio.
- Figura 4.** Localización de (a) transectas de muestreo acústico y (b) lances de pesca de identificación.
- Figura 5.** Corte sagital del lente del ojo de un individuo de merluza de cola
- Figura 6.** Semivariograma de merluza de cola. Dirección omnidireccional. Zona total de estudio.
- Figura 7.** Distribución espacial de la biomasa de merluza de cola. Agosto 2018.
- Figura 8.** Centros de Gravedad de la distribución del stock evaluado de Merluza del Sur. Periodo 2000 a 2018
- Figura 9.** Distribución latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza de cola. Crucero de evaluación directa merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, año 2018.
- Figura 10.** Distribución de talla de merluza de cola por sexo para el área de estudio. (agosto, 2018).
- Figura 11.** Distribución de talla de merluza de cola por área. (agosto, 2018).
- Figura 12.** Distribución de talla de merluza de cola por cañón y fuera de los cañones. (agosto, 2018).
- Figura 13.** Distribución de talla de merluza de cola por rango de profundidad (según profundidad de relinga superior). (agosto, 2018).
- Figura 14** Distribución relativa de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroacústicos 2001 a 2005, 2007 a 2018.
- Figura 15** Distribución de los estadísticos históricos de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroacústicos 2001 a 2005, 2007 a 2018.



- Figura 16.** Comparación de las funciones peso- longitud estimadas para merluza de cola por sexo (A) y representación de los parámetros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relación en el período 2001 – 2018 (B).
- Figura 17.** Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza de cola, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el período 2000 - 2018.
- Figura 18.** Proporción sexual de merluza de cola, presente en la abundancia en el período de desove, según año, 2000-2018.
- Figura 19.** Abundancia de merluza de cola, por sexo, en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2000 – 2018.
- Figura 20.** Edades medianas de merluza de cola, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2000 - 2018.
- Figura 21.** Fracción de merluza de cola (machos y hembras) maduros, según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2002 y 2007 a 2018. FMM: fracción de machos maduros, FHM: fracción de hembras maduras. Análisis macroscópico.
- Figura 22.** Curvas de madurez estimadas para merluza de cola (machos y hembras), según grupos de edad, en los cruceros de evaluación años 2002 y 2007 a 2018. FMM: fracción de machos maduros, FHM: fracción de hembras maduras. Análisis macroscópico.
- Figura 23.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2018.
- Figura 24.** Distribución de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la *merluza de cola Macruronus magellanicus*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2018.
- Figura 25.** Ovarios de merluza de cola en estadios iniciales de desarrollo. a) Mc 2340. Estadio Virginal. Aumento 5x. L: Lamela; Flecha: Ovocito cromatina nuclear; Punta Flecha: pared ovárica; t: tabique fibromuscular.. b) Mc 2017. Estadio inmaduro. Aumento 10x. L: lamela; Flecha: Ovocito previtelado ; N: núcleo Perinucleolar
- Figura 26.** Ovarios de merluza de cola en estadios intermedios de desarrollo. a) Mc 2153. Estadio Vitelado. En Maduración. Aumento 5x. Ov: Ovocito vitelado; Flecha: Núcleo; G: Gránulos de vitelo. b) Mc 2308. Estadio ovárico Migrante. Maduro. Aumento 5x. Flecha: Vesícula Migrante; Ct: Citoplasma vitelado.



- Figura 27.** Ovario de merluza de cola en estadio final de desarrollo. Mc 2725. Estadio Post Desove. Aumento 20x. Ov: ovocito previtelogénico; N: núcleo; Punta flecha; nucléolo; a: atresia folicular; Flecha: ligazón muscular con vaso sanguíneo
- Figura 28.** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza de cola *Macruronus magellanicus*.
- Figura 29.** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviación estándar y el error estándar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.
- Figura 30.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Macruronus magellanicus* en agosto de 2018, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado.
- Figura 31.** Porcentaje de hembras con desove omitido respecto al total de hembras maduras en merluza de cola, años 2015, 2016, 2017 y 2018.
- Figura 32.** Incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.
- Figura 33.** Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza del sur *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.
- Figura 34.** Participación de las principales especies capturadas, respecto captura total estandarizada crucero 2018.
- Figura 35.** Participación de la fauna acompañante de merluza de cola, año 2018.
- Figura 36.** Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** principales especies capturadas durante el crucero; **b)** fauna acompañante de merluza de cola, año 2018
- Figura 37.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza de cola y su fauna acompañante, año 2018.
- Figura 38.** Distribución latitudinal histórica de las especies con mayor recurrencia en las capturadas de los cruceros de evaluación directa.
- Figura 39.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2018.



- Figura 40.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (*NMDS*) de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbl), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).
- Figura 41.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2018.
- Figura 42.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (*NMDS*) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbl), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).
- Figura 43.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2018.
- Figura 44.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (*NMDS*) de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbl), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).
- Figura 45.** Dieta de la merluza de cola en base al contenido estomacal observado.
- Figura 46.** Dieta por sexos de la merluza de cola en base al contenido estomacal observado. Donde eje PSIRI = Resultado de los modelos de mezcla de SIAR.
- Figura 47.** Dieta por grupos de tamaños de la merluza de en base al contenido estomacal observado. Donde eje PSIRI (Resultado de los modelos de mezcla de SIAR) y G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.
- Figura 48.** Bi-plot del sistema estudiado durante el crucero 2018. (M3A; Merluza de tres aletas, MCOL; Merluza de cola, MAU; merluza del sur).
- Figura 49.** Porcentaje de contribución de las presas en la dieta de la merluza de cola del grupo G1, crucero 2018.
- Figura 50.** Porcentaje de contribución de las presas en la dieta de la merluza de cola del grupo G2, crucero 2018.
- Figura 51.** Porcentaje de contribución de las presas en la dieta de la merluza de cola por grupo Y1, Y2 y Y3, crucero 2018.



- Figura 52.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfológicos largo, alto y elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Dentro del cañón (si) y fuera del cañón (no). Agosto 2018.
- Figura 53.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según cañón. Agosto 2018.
- Figura 54.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según zona. Agosto 2018.
- Figura 55.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfológicos de largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal; descriptores batimétricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e índice de altura; descriptores de energía retrodispersada (NASC) y densidad acústica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Según rango de fondo. Agosto 2018.
- Figura 56.** Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes. Agosto 2018.
- Figura 57.** Valores promedio de descriptores morfológicos (largo, alto, elongación, perímetro, área y dimensión fractal), batimétricos (profundidad agregación, profundidad fondo e índice de altura) y de energía (NASC y densidad). Años 2007-2018.
- Figura 58.** Biomasa total y desovante (t) histórica de merluza de cola.
- Figura 59.** Abundancia (millones de ejemplares) a la talla histórica (2000 a 2018) merluza de cola.





## ÍNDICE DE TABLAS

---

- Tabla 1** Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza de cola. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 2000-2018.
- Tabla 2** Escala de madurez sexual para merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada para la merluza de cola (Troncoso, 2004).
- Tabla 3** Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.
- Tabla 4** Características principales del buque pesquero de alta mar “BH Friosur VIII”.
- Tabla 5.** Calibración del sistema de ecointegración ER60. Buque pesquero de alta mar “BH Friosur VIII”.
- Tabla 6.** Datos operacionales de los lances de pesca de identificación. Crucero 2018.
- Tabla 7.** Capturas por especie registradas en los lances de pesca de identificación. Crucero 2018.
- Tabla 8.** Resumen modelación geoestadística de merluza de cola para la zona total de estudio.
- Tabla 9.** Estimado total de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza de cola.
- Tabla 10.** Estimados de abundancia de merluza de cola y participación por sexo.
- Tabla 11.** Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur. Crucero 2018.
- Tabla 12.** Serie histórica de estimaciones de, biomasa, abundancia, peso promedio y proporción sexual, en los cruceros de merluza de cola 2000 - 2018.
- Tabla 13.** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, (Machos= 312.167.476). Crucero 2018.
- Tabla 14** Composición de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, (Hembras= 289.961.665). Crucero 2018.
- Tabla 15.** Abundancia por grupo de edad y desviación estándar para merluza de cola por sexo y proporción de ambos según grupo de edad. Crucero 2018.



- Tabla 16.** Serie histórica de las estimaciones de Grupo de Edad (GE) al 50% de madurez para merluza de cola, intervalo de confianza (IC), límites (LI: Límite inferior, LS: Límite superior) y número de muestras analizadas (n), por sexo.
- Tabla 17.** Índices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Macruronus magellanicus*, desde el 5 al 19 de agosto de 2018. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, índice gonadosomático. El cálculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.
- Tabla 18.** Proporción de hembras maduras a la talla y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2018, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.
- Tabla 19.** Abundancia y porcentaje de hembras con desove omitido respecto al total de hembras maduras en merluza de cola, años 2015, 2016, 2017 y 2018.
- Tabla 20.** Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal y talla de madurez estimada mediante el cálculo del incremento relativo del IGS (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2018.
- Tabla 21.** Proporción de hembras maduras a la edad y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.
- Tabla 22.** Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2018.
- Tabla 23.** Resumen del número de muestras en merluza de cola usadas en el presente estudio. G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.
- Tabla 24.** Lista sistemática de los taxa encontrados en los estómagos de merluza de cola. Temporada de pesca 2018.
- Tabla 25.** Porcentaje de importancia de las presas a través de los contenidos estomacales en merluza de cola. G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.
- Tabla 26.** Resumen estadístico de los valores de isotopos de músculos y ojos de la merluza de cola
- Tabla 27.** Contribución dietaria de las potenciales presas de merluza de cola, a través de inferencia bayesiana. G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$



cm LT. Donde Y1 (Zona central del lente), Y2 (Zona media del lente), Y3 (Zona exterior del lente).

- Tabla 28.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas. Agosto 2018.
- Tabla 29.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2018.
- Tabla 30.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2018.
- Tabla 31.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en cañones 1, 2, y 3 Agosto 2018.
- Tabla 32.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones. Agosto 2018.
- Tabla 33.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona. Agosto 2018.
- Tabla 34.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agosto 2018.
- Tabla 35.** Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2018.
- Tabla 36.** Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo. Agosto 2018.
- Tabla 37.** Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agosto 2018.
- Tabla 38.** Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agosto 2018.
- Tabla 39.** Correlaciones de las variables originales con los componentes principales. Agosto 2018.



## **1. OBJETIVO GENERAL**

---

Evaluar el stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones.

## **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

---

- 1 Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio.
- 2 Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas.
- 3 Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.
- 4 Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio.
- 5 Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio.
- 6 Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registrada acústicamente en el área de estudio.



### 3. ANTECEDENTES

---

Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*, Lönnberg, 1907), también conocida como “hoki” o “patagonian grenadier”, es una especie gadiforme de hábitos pelágicos y demersales (euribática), que presenta una amplia distribución geográfica circunscrita al cono austral de Sudamérica, por el Pacífico sudoriental en las costas chilenas entre los 30° S y los 57° S (Lillo *et al.*, 1997; Aguayo, 1974) y por el Atlántico Sudoccidental entre los 33° S y 57° S (Giussi *et al.*, 2002), que de acuerdo a las zonas estadísticas definidas por FAO corresponden al área 87 denominada Pacífico sudoriental, y al área 41 denominada Atlántico sudoccidental.

Estudios de marcadores genéticos describen una sola unidad poblacional en las costas chilenas (Galleguillos *et al.*, 1999). Posteriormente, mediante el uso de técnicas de análisis de elementos trazas en los otolitos, Schuchert *et al.* (2010) postulan la existencia de una población patagónica en el cono sur de América, conformada por una población altamente mezclada y postulando la existencia de al menos dos áreas de desove, una el Pacífico sudoriental y otra en el Atlántico sudoccidental.

La merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, es actualmente la principal pesquería de la zona austral chilena (Lillo *et al.*, 1997, Giussi *et al.*, 2002, Tascheri *et al.*, 2010) y opera sobre la plataforma continental en Chile central (34°S-42°S) y en la Patagonia (42°S-57°S). Se distribuye en el cono sur de Sudamérica, desde 37°S en el Océano Atlántico, hasta los 27°03'S en el Océano Pacífico, pero la mayor abundancia está localizada en la Patagonia de Chile, entre los 41°40' a 52°S (Tascheri *et al.*, 2010).

La pesquería demersal sur-austral se desarrolla en el área comprendida entre el paralelo 41°28,6 L.S y el extremo sur del país. La actividad industrial está limitada a aguas exteriores por fuera de las líneas de base recta y se subdivide en dos unidades que son la Unidad de Pesquería Norte (UPN) desde el 41°28,6 L.S al 47° hasta las 60 millas náuticas (mn) y Unidad de Pesquería Sur (UPS) desde el paralelo 47° L.S al extremo sur y hasta las 80 mn. La pesca artesanal que opera en el mar interior, se encuentra regionalizada en X, XI y XII Región.

Esta pesquería, de carácter multiespecífico orientada a la explotación de merluza del sur (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), se inició en 1978 con la operación de una flota compuesta por buques arrastreros fábrica, a la que posteriormente se agregaron en 1984 una flota de buques arrastreros hieleros, y entre 1986 - 1987 otras dos flotas compuestas por embarcaciones palangreras fábricas y hieleras. Además, a partir de 1984 se produce el desarrollo de una pesquería de carácter artesanal en la zona de aguas interiores de las regiones X a XII, orientada principalmente a la captura de merluza del sur.

Esta pesquería, está constituida por dos unidades, una de la V a X Regiones y la otra de XI a XII Regiones, ambas declaradas en régimen de plena explotación y sometidas a la medida de administración llamada Licencias Transables de Pesca. En la captura de este recurso se desarrollaron



dos pesquerías, la primera correspondió a la pesquería demersal sur austral que actúa preferentemente sobre la fracción adulta del stock y la segunda, corresponde a la pesquería pelágica de la zona centro-sur (35°S - 43°S) y que opera durante el período primavera-verano sobre una fracción mayoritariamente juvenil y que alcanzó desembarques promedios superiores a las 200 mil toneladas (ton) en el período 1987 - 1999, disminuyendo a menos de 50 mil ton en la década del 2000. En los últimos años la cuota de captura anual se redujo de 154 mil toneladas el año 2010 a niveles inferiores a las 50 mil toneladas, a lo que se suma la veda reproductiva durante agosto, lo que se ha reflejado en la disminución de los desembarques de este recurso.

Los desembarques de merluza de cola provenientes de la pesquería demersal sur-austral, comienzan a fines de la década del 70 registrándose un aporte sostenido cercano a las 20 mil toneladas anuales, cifra que según Young *et al.* (1998) podría estar subestimada producto del descarte no registrado. A partir del año 2000 los desembarques se duplicaron sobrepasando el volumen de la pesquería centro-sur, esto debido al aumento de las cuotas de capturas asignadas a la pesquería demersal sur. Sin embargo, durante los últimos años la estructura demográfica del stock de merluza de cola ha mostrado una declinación paulatina en la participación de la fracción más adulta de la población y una mayor presencia en las capturas de individuos más jóvenes, particularmente de los grupos de edad II a VI.

Por otra parte, es posible la existencia de una población patagónica en el Cono Austral de Sudamérica altamente mezclada, con al menos dos áreas de desove, una el Pacífico sudoriental y otra en el Atlántico sudoccidental (Schuchert *et al.*, 2010), dado esto, toma relevancia la magnitud de las capturas proveniente de ambas áreas, las cuales podrían tener posibles efectos en la explotación del recurso en un área respecto de la otra. En Chile, la caída del desembarque respondería a disminución de la cuota de captura anual y los menores rendimientos de pesca que ha presentado parte de la flota arrastrera (Céspedes *et al.*, 2016 y 2017). El escenario antes señalado llevó a la autoridad administrativa a la adopción de diferentes medidas de manejo como fueron: el establecimiento de tamaños mínimos, zonificaciones, regulaciones de artes de pesca, fijación de cuotas de capturas y a su clasificación de stock agotado (SSPA, 2017).

Las evaluaciones orientadas a merluza de cola (Tabla 1) se han realizado preferentemente en el área comprendida entre las latitudes (43°30'S y 47°00'S) la que está asociada a la principal zona de desove de la merluza de cola, pero sin olvidar que la definición de esta área está asociada también al proceso reproductivo de merluza del sur, por lo que existe un compromiso técnico en la fijación del área de estudio. Al respecto, los antecedentes disponibles hacen referencia que el proceso reproductivo de merluza del sur y merluza de cola presentarían una amplia distribución espacial (Aguayo *et al.*, 2001; Ernst *et al.*, 2006) pero el área de desove principal estaría asociado a las islas Guafo y Guablín, donde ambos recursos desarrollan este proceso biológico y corresponde a lo que se definió como el área de estudio del presente proyecto.

Esta especie presenta un comportamiento de características pelágicas en ejemplares juveniles, a diferencia de su fase adulta donde presenta hábitos demersales (Lillo *et al.*, 2000). El nivel alto de canibalismo podría explicar la segregación espacial entre juveniles y adultos (Pool *et al.*, 1997).



En el estudio de edad de las especies, aquellas que presenten dentro del desarrollo de su vida clases anuales fuertes, permiten el seguimiento a través de los años, entregando información del paso en el tiempo de clases anuales destacadas, siempre que permanezcan en el medio y no se presente una situación de remoción fuerte que corte este paso en el tiempo (Céspedes *et al.*, 2017). Un factor que incide en la composición de individuos es la proporción de machos y hembras al interior de los desembarques analizados. Considerando las zonas de análisis se puede mencionar que desde 2003 a 2016, en la zona norte, por lo general las hembras sobrepasan en el doble o más a los machos, en cambio en el sur, las hembras se presentan en menor intensidad pudiéndose señalar que están más próximas a encontrarse en relación 1:1 (Céspedes *et al.*, 2017). La distribución por sexos es desigual en las etapas de peces más jóvenes, si se las compara con las de mayor edad y considerando las edades que componen la estructura de la pesca actual versus la de hace una década (Céspedes *et al.*, 2017).

En términos de estructura de tallas, desde el año 2008 al año 2014 se ha registrado una menor presencia de adultos, contrastado con un aumento de la presencia de juveniles y adultos jóvenes en las capturas, señales que podrían responder a una menor condición de su población (biomasa); lo cual es coincidente con las tendencias observadas en las estructuras de talla proveniente de los estudios realizados mediante métodos hidroacústicos (Lillo *et al.*, 2009, 2011, 2013, 2014 y 2016). Sin embargo, en los años 2015 y 2016 se ha registrado un gradual cambio a estructuras con un grado mayor de la proporción de ejemplares adultos; información que podría ser una señal positiva, pero la disminución de la fracción juvenil en las estructuras de tallas introduce un mayor grado de incertidumbre (Céspedes *et al.*, 2017).

En lo que respecta al proceso de desove, hito biológico considerado como base de referencia para definir el período de la pesca de investigación, la merluza de cola muestra un período bien definido de maduración que se inicia en mayo, alcanza su madurez en julio y culmina con un corto período de desove durante agosto (Young *et al.*, 1998), aunque es posible también observar, al igual que en la merluza del sur, variaciones temporales en el período en que se alcanza la mayor actividad reproductiva. En este sentido, el análisis de información de pesca de la flota entre 2000 y 2005, ratifica el acotado período de desove para esta especie y encontrando principalmente el pick de maduración en el mes de agosto, situación que se corrobora con los altos IGS registrado durante este mes en las evaluaciones realizadas en la zona de estudio.

El período de máxima actividad reproductiva, estimado a partir de índices gonadosomático (IGS), se ha señalado para el bimestre julio-agosto con una rápida disminución en septiembre (Aguayo *et al.*, 1991, 1994; Young *et al.*, 1998) sin embargo, observaciones realizadas en otros años (Chong, 2000; Balbontín y Bravo, 2001) muestran la existencia de un grado de variabilidad anual en la distribución de los EMS y por lo tanto, en la fecha de inicio del desove poblacional. Estos resultados coinciden con los obtenidos durante los estudios de evaluación directa realizados en agosto.

El estudio de la alimentación de cualquier individuo, resulta necesario para contribuir al análisis de los aspectos bio-ecológicos en los ecosistemas que integran. Conocidas estas interrelaciones, es posible inferir la estructura y función de cada uno de estos individuos. En esta pesquería existen interacciones



tróficas entre las especies de importancia comercial, como la depredación de la merluza austral y el congrio dorado sobre la merluza de cola y el canibalismo de esta última (Arancibia *et al.*, 2010). La merluza de cola presenta cambios en su dinámica trófica con la ontogenia, pasando de carcinófagos (individuos menores a 30 cm) a ictiófagos estrictos (individuos mayores a 55 cm) y con los individuos de tamaños intermedios de dieta principalmente ictiófaga pero con importante presencia de crustáceos (eufáusidos) (Neira *et al.*, 2015).

Al respecto, en muestreos realizados en el mar interior de la X y XI Regiones se le ha descrito como una especie de hábitos tróficos principalmente planctónicos con un reducido espectro de presas y su alimentación está basada en pequeños peces y crustáceos mesopelágicos, como mictófidios, eufáusidos, pasifeidos, entre los más importantes (Meléndez *et al.*, 2009; Medina y Herrera, 2012), dado esto, es un depredador generalista. Por otra parte, en el mar exterior se muestra con un comportamiento alimenticio con un amplio dominio de canibalismo (53%) en el contenido estomacal de merluza de cola, seguido en importancia por el pez Nansenia (23,6%) y crustáceos (23,3%), aportando estas tres especies de presa sobre el 97% del total en peso del contenido estomacal de merluza de cola indicador de un espectro trófico estrecho (Neira *et al.*, 2015) y que concuerda con lo observado por Cubillos *et al.*, 1998. En estudios en el mar exterior realizados durante el periodo reproductivo, dan cuenta de una alimentación basada en peces mictófidios y mesopelágicos, mostrando una conducta eurífaga, sin diferencias ontogénicas en su alimentación (Klarian *et al.*, 2018).

Las principales áreas de concentración por alimentación se registran desde enero a junio, una en el norte entre los 38°-39° S, otra entre los 42°-44° S y una tercera en el extremo austral entre los 55°-56° S. Mientras, la principal área de concentración reproductiva se registra entre los 41°28,6' y 47°00'S entre junio, julio y agosto, pasando incluso para septiembre (Céspedes *et al.*, 2017).

En este contexto y atendiendo la conveniencia de dar continuidad a una línea de investigación en la zona sur austral, la Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño, y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, han considerado en el proyecto de Asesoría Integral Para La Toma De Decisiones en Pesca y Acuicultura para el año 2018, un estudio para evaluar el stock desovante de los recursos señalados como objetivos, del que se presenta su informe final, sección: merluza de cola.





## 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

---

### 4.1 Área y período de estudio

El área de estudio abarcó la plataforma continental, delimitada por los veriles de ~150 y 600 m de profundidad, entre las latitudes 43°30'S y 47°05'S (**Figura 1**). El crucero de prospección se desarrolló entre el 3 y 15 de agosto del 2018, además, entre el 17 a 19 de agosto se prospectó nuevamente la zona del mar exterior, al sur de isla Guamblin (45°05' -45°20') en sector denominado “cuchillos”, utilizándose una grilla en sentido norte-sur y este-oeste separada 2,5 mn en cada sentido.

La pesca de investigación fue autorizada por la Resolución N°2730 (y su modificación N°3100), de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del 01 de Agosto de 2018 y en ella se permite la operación en el área marítima comprendida entre las latitudes 43°30'S y 51°00'S en aguas exteriores, como también la operación en aguas interiores en el área comprendida entre cabo Quilán (43°16,6'S y 74°24,6'O) en la isla grande de Chiloé y el islote occidental de la isla Menchuam (45°37,7'S y 74°56,8'O), entre los paralelos 43°44,17'S y 45°37,7'S.

### 4.2 Embarcación y equipos

#### 4.2.1 Embarcación

La embarcación utilizada fue el buque pesquero de alta mar “BH Friosur VIII” cuyas características principales son 54 m de eslora; 10,5 m de manga; 7 m de puntal, motor principal Deutz 2.240 HP y un T.R.G de 885 t. Utilizado en modalidad de contrato de arriendo a la empresa pesquera Sur Austral (**Figura 2**)

#### 4.2.2 Equipos

##### a) Sistema de ecointegración

Se utilizó un sistema de ecointegración científico, que consiste en un transceptor de propósito general (GPT) modelo EK 60, conectado a un transductor modelo ES38B de 38 kHz. El programa utilizado para traducir la información fue el ER60 (SIMRAD, 2008). Los archivos brutos “raw data” fueron almacenados diariamente para su posterior proceso. Este ecosonda fue configurado en su frecuencia nominal para transmitir a una potencia de 2.000 W y una duración del pulso de 1,024 ms. Los archivos fueron descargados diariamente y respaldados en discos duros externos.

El sistema de ecointegración, fue calibrado de acuerdo al procedimiento descrito por Foote *et al.* (1987), Demer *et al.* (2015) recomendado por el fabricante, el cual consiste un blanco de referencia de intensidad acústica conocida bajo el transductor y dentro del haz acústico, a fin de comparar la fuerza de blanco registrada por el equipo con la fuerza de blanco de referencia.



Adicionalmente, se instaló directamente a la CPU del EK60 un inclinómetro digital marca Applied Geomechanics, modelo MD900-7, el cual permitió recolectar datos de ángulos de cabeceo y balance del buque (pitch and roll) a una frecuencia de 4 datos por segundo, lo que permitió compensar la pérdida de señal acústica producida por el movimiento de la nave (Dunford, 2005; Saavedra *et al.*, 2012).

#### b) Equipos de pesca

Los lances de pesca de identificación fueron realizados con una red de arrastre de mediagua modelo Gloria 1408 con abertura vertical en la boca de 60 - 70 m, según la velocidad de arrastre (**Figura 3**). A la red se instaló un cubrecopo de 50 mm de tamaño de malla, para retener el mayor rango de longitudes de peces posible, manteniendo las condiciones operacionales de estudios anteriores.

El funcionamiento del arte de pesca durante el lance, fue monitoreado mediante una sonda de red, que permitió efectuar un seguimiento del comportamiento de la red (altura, contacto con el fondo, profundidad), además fue instalado un sistema de sensores de captura en el copo, a fin de controlar los volúmenes de la pesca. De acuerdo a la Resolución de Pesca N° 2730 del 1 de agosto de 2018 y modificación de acuerdo a resolución exenta N° 3100 del 28 de agosto de 2018, se asignaron un total de 20 t de merluza del sur, 60 t de merluza de cola y 40 t de merluza de tres aletas para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto.

### 4.3 Objetivo específico 1.

*Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. **Sección merluza de cola.***

#### 4.3.1 Diseño del muestreo

La prospección se efectuó mediante un diseño de muestreo tipo sistemático, el cual asume aleatoriedad en la distribución del recurso en relación con la localización de la primera transecta, el cual, ha sido señalado como el más adecuado en estudios dirigidos a estimar la abundancia y distribución de un recurso pesquero (Rivoirard *et al.*, 2000, Kalikhman, 2002).

#### 4.3.2 Transectas de muestreo acústico

El muestreo acústico del área de estudio se realizó mediante 43 transectas distribuidas de forma sistemática y con dirección perpendicular al sentido general de la costa, cubriendo veriles de ~150 a 600 m de profundidad. La distancia entre dos transectas adyacentes fue de 5 mn (**Figura 4**) y se intensificó el muestreo acústico en la zona de los cañones existentes en la zona de estudio.



La densidad acústica, intensidad de blanco y la profundidad del fondo, se recolectaron de manera continua y georreferenciada durante las transectas; discretizadas en intervalos básicos de muestreo (I.B.M) de 0,5 mn.

Posterior al crucero de prospección se realizó una nueva prospección de la zona del mar exterior ubicada al sur de la isla Guambin (45°05'S - 45°20'S), aplicándose una grilla con transectas distanciadas en 2,5 millas náuticas.

#### 4.3.3 Identificación de los ecotrazos

Los datos acústicos fueron analizados mediante los métodos estándares utilizados en ecointegración (Simmonds y MacLennan, 2005) en primer lugar se examinaron los ecogramas para detectar errores asociados a la posición geográfica, integración del fondo e interferencia de otros equipos acústicos, procediéndose en el caso de detectarse algún de los tipos de errores antes señalado, a efectuar las correcciones pertinentes.

Posteriormente se efectuó el proceso de identificación de los ecotrazos, considerando para ello: i) Información de los lances de pesca de identificación, ii) tipo (disperso - estrato - cardumen), morfología y nivel de intensidad del ecotrazo y iii) profundidad del ecotrazo.

La asignación de las unidades de ecointegración ( $s_A$ ) correspondiente a aquellos registros acústicos asociados a lances de pesca con más de una especie en la captura se efectuó mediante la estimación de proporción acústica propuesta por Simmonds y MacLennan (2005) y Bodholt (1991) la cual plantea, que la contribución de especie ( $E_j$ ) a las unidades de ecointegración ( $E_m$ ), es proporcional a su aporte en la captura ( $w_j$ ) y su coeficiente de dispersión acústica ( $\sigma_j$ ) en relación al total:

$$E_j = \frac{w_j * \bar{\sigma}_j * E_m}{\sum(w_i * \bar{\sigma}_i)}$$

$$\bar{\sigma}_i = 4 * \pi * 10^{(TS_i)/10}$$

Para la estimación del coeficiente de dispersión acústica se utilizaron las siguientes relaciones de fuerza de blanco:

Merluza del sur	TS = 20 * Log (L) – 68,1 (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 1996)
Merluza de cola	TS = 20,2 * Log (L) – 73,1 (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 2005)
Merluza de tres aletas	TS = 20 * Log (L) – 68,5 (dB)	(Lillo <i>et al.</i> , 1996)

#### 4.3.3.1 Corrección fuente de error producida por movimiento del transductor

La pérdida de información generada durante la prospección por los cambios en la orientación del transductor entre el momento de la transmisión del pulso y su recepción y que puede ser severa en



casos de mal tiempo (Simmonds y Maclennan, 2005) fue compensada determinando los ángulos de inclinación longitudinal (pitch) y lateral (roll) con un sensor de movimiento instalado en el puente de la embarcación y conectado al computador del ER60, el cual tomó muestras continuas de la inclinación a razón de 240 muestras por minuto.

Para efectos de incorporar y compensar la señal acústica se utilizó el módulo de operador avanzado “*Motion correction (Dunford method)*” de Echoview® (versión 7.1.36.30718) el cual permite corregir pulso a pulso la atenuación de señal mediante el método de Dunford (Dunford, 2005). Aun así, a fin de minimizar el movimiento lateral y longitudinal de la embarcación, las transectas se intentan realizar generalmente con viento en popa o por la aleta del buque, intentando minimizar con esto la pérdida de señal por este concepto (Saavedra *et al.*, 2012.a).

#### 4.3.4 Estimación de la abundancia y biomasa.

La estimación de la abundancia y biomasa del stock a partir de los datos acústicos, se realizó mediante dos tipos de estimadores, uno de razón bootstrap (Robotham y Castillo, 1990) y otro geoestadístico (Rivoirard *et al.*, 2000).

##### a) Método bootstrap

La densidad media ( $\hat{Z}_R$ ) se estima como:

$$\hat{Z}_R = \sum \frac{Z_j}{G}$$

Siendo un estimador de razón obtenido de la *j*-ésima iteración de muestra de tamaño “*n*” seleccionada, con reposición, de la muestra original y “*G*” representa la cantidad total de iteraciones bootstrap.

La abundancia y la biomasa se estimaron como:

$$\hat{A}_R = a_R * \hat{Z}_R * \bar{\sigma}^{-1}$$

$$\hat{B}_R = \hat{A}_R * \bar{w}$$

Donde,

- $\bar{\sigma}$  =  $4 * \pi * 10^{10} \frac{\overline{TS}}$  evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.  
 $\hat{A}_R$  = abundancia (en número).  
 $A_R$  = área de distribución del recurso (mn<sup>2</sup>).



$\bar{w}$  = peso promedio (t).

$\hat{B}_R$  = biomasa (t).

La varianza de la abundancia ( $\hat{A}_R$ ) y biomasa ( $\hat{B}_R$ ) se estimó como:

$$\hat{V}_1(\hat{A}_R) = a_R^2 * \left[ \left( \frac{1}{\bar{\sigma}^2} \right)^2 * \hat{V}(\hat{Z}_R) + \hat{Z}_R^2 * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) - \hat{V}(\hat{Z}_R) * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) \right]$$

$$\hat{V}_1(\hat{B}_R) = \hat{V}(\hat{A}_R) * \hat{w}^2 + \hat{V}(\hat{w}) * \hat{A}_R^2 - \hat{V}(\hat{A}_R) * \hat{V}(\hat{w})$$

$$\hat{V}(\hat{Z}_R) = \frac{1}{(G-1)} \sum_{i=1}^G (\hat{Z}_R - \bar{Z})^2$$

## b) Estimador geoestadístico

En este método, las estaciones de muestreo (UBM) se asumen fijas y los valores de la variable estudiada (densidad local) son considerados variables aleatorias en cada punto del espacio (área de estudio), esto permite modelar su variabilidad espacial y efectuar estimaciones puntuales o globales (Petigas, 1991).

La densidad media ponderada  $\hat{Z}_{gs}$  de merluza de cola se estimó mediante el uso del método de kriging. En primer lugar se estimaron mediante una grilla de interpolación las densidades locales ( $Z_{x0}^*$ ) en los diferentes nodos a partir de las densidades locales observadas ( $Z_{w(x)}$ ) como:

$$Z_{x0}^* = \sum_{i=1}^m r_i * Z_{w(x)i}$$

Donde  $r_i$  representan los factores ponderadores, que deben sumar uno para que la estimación sea insesgada.

Una vez estimado los valores de los nodos de la grilla de interpolación, la densidad media se estimó como el promedio de los valores estimados en los nodos ( $m$ ) correspondientes de la grilla de interpolación como:

$$\hat{Z}_{gs} = \frac{1}{V} \int Z_{x0}^* dx = \frac{1}{m} \sum Z_{x0}^*$$



La abundancia ( $\hat{A}_{gs}$ ) y la biomasa ( $\hat{B}_{gs}$ ) se estimaron como:

$$\hat{A}_{gs} = \hat{a}_{gs} * \bar{Z}_{gs} / \sigma_k$$

$$\hat{B}_{gs} = \hat{A}_{gs} * \bar{w}$$

$$\sigma_k = 4\pi(10^{0,1*TS_k})$$

Donde,

$\hat{A}_{gs}$  = abundancia (en número).

$\hat{a}_{gs}$  = área de presencia del recurso.

$\bar{Z}_{gs}$  = densidad promedio de merluza de cola ( $N^\circ/mn^2$ ).

$\bar{w}$  = peso promedio de merluza de cola (t).

$\hat{B}_{gs}$  = biomasa (t).

$\bar{\sigma}_k$  = evaluada a la talla promedio de la fracción del stock evaluado.

$TS_k$  = Fuerza de blanco de la especie (dB).

La varianza de la abundancia ( $\hat{V}(\hat{A}_{gs})$ ) y la biomasa ( $\hat{V}(\hat{B}_{gs})$ ) se estimaron como:

$$\hat{V}_1(\hat{A}_{gs}) = a_{gs}^2 * \left[ \left( \frac{1}{\bar{\sigma}^2} \right)^2 * \hat{V}(\hat{Z}_{gs}) + \hat{Z}_{gs}^2 * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) - \hat{V}(\hat{Z}_{gs}) * \hat{V}\left(\frac{1}{\bar{\sigma}}\right) \right]$$

$$\hat{V}_1(\hat{B}_{gs}) = \hat{V}(\hat{A}_{gs}) * \hat{w}^2 + \hat{V}(\hat{w}) * \hat{A}_{gs}^2 - \hat{V}(\hat{A}_{gs}) * \hat{V}(\hat{w})$$

La varianza proveniente de la distribución espacial del recurso ( $\hat{V}(\hat{Z}_{gs})$ ), se estimó mediante el método propuesto por Petitgas (1991) y Rivoirard *et al.* (2000), quienes aplican los principios de variables regionalizadas o geoestadística, a la estimación de la varianza de datos pesqueros geográficamente correlacionados, mediante la expresión:

$$\hat{V}(\hat{Z}_{gs}) = 2\bar{\gamma}(S,V) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(S,S)$$



La varianza  $\hat{V}(\hat{Z}_{gs})$  depende de la estructura espacial a través de tres factores: la geometría del campo para  $\bar{\gamma}(V, V)$ ; de la disposición entre los intervalos básicos de muestreo para  $\bar{\gamma}(s, s)$  y de la posición de la red de muestreo en el campo para  $\bar{\gamma}(S, V)$  (Petitgas y Prampart, 1993).

El algoritmo de kriging, estima los ponderadores que minimizan la estimación de la varianza, ponderando las muestras de acuerdo a su posición relativa y estructura espacial para generar un estimador insesgado mínimo de la varianza (Cressie, 1991; Rivoirard *et al.*, 2000).

El ajuste de los variogramas se efectuó mediante el programa R Project (R Core Team, 2014) y se realizó un análisis espacial de los datos a través del paquete Rgeostats V 11.0.1 (Renard *et al.*, 2015) el paquete incluye funciones y métodos de lectura y preparación de datos, análisis exploratorio e inferencia sobre parámetros de modelos. Incluye, diferentes modelos de variogramas y métodos de interpolación espacial.

#### **i. Modelos de Semivariograma.**

Para caracterizar la estructura espacial de la variable en estudio, la construcción de un modelo es esencial. Estos modelos pueden dividirse en no acotados (lineal, logarítmico, potencial) y acotados (esférico, exponencial, gaussiano), los calculados para la especie objetivo fueron exponencial y esférico y ambos tienen tres parámetros comunes que son:

- Efecto nugget (pepita): representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen y puede indicar que parte de la estructura espacial se concentra a distancias inferiores a las observadas.
- Sill (meseta): es el límite del semivariograma cuando la distancia  $h$  tiende al infinito.
- Rango: corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones no presentan dependencia espacial, también se conoce como zona de influencia.

Modelos de variogramas utilizados:

- **Esférico** (Cressie, 1991)



$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & \|h\| = 0 \\ c_0 + c_1 \cdot \left( \frac{3}{2} \cdot \frac{\|h\|}{\alpha_x} - \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\|h\|}{\alpha_x} \right)^3 \right), & 0 < \|h\| \leq \alpha_x \\ c_0 + c_1, & \|h\| \geq \alpha_x \end{cases}$$

- **Exponencial** (Cressie, 1991)

$$\gamma(h; \theta) = \begin{cases} 0, & \|h\| = 0 \\ c_0 + c_1 \cdot \left( 1 - e^{\left( -\|h\|/\alpha_x \right)} \right), & \|h\| \neq 0 \end{cases}$$

#### 4.3.4.1 Estimaci3n del 1rea.

El 1rea de presencia del recurso objetivo se computar1 mediante la funci3n calcArea del paquete PBSmapping (Schnute, 2004) y estimada como (Rokne, 1996).

$$A = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Donde  $(x_i, y_i)$  son los v3rtices del pol3gono para  $i = 1, \dots, n$  y donde los v3rtices 1 y  $n$  corresponden al mismo punto  $(x_1, y_1) = (x_n, y_n)$ . Esta f3rmula asume unidades id3nticas para  $x$  e  $y$  (relaci3n de aspecto 1).

El 1rea de efectiva de distribuci3n se considerar1 a partir de las observaciones positivas y su 1rea de influencia.

#### 4.3.5 Distribuci3n espacial del recurso

La distribuci3n espacial de un recurso en el 1rea prospectada, se presentar1 como una carta de contornos que representa curvas que unen puntos de igual densidad, permitiendo ver de manera clara las 1reas de mayor concentraci3n de los recursos (Simmonds y MacLennan, 2005). La interpolaci3n generada para cada punto del grillado es utilizada para la confecci3n de un mapa de contornos en donde se presenta la estimaci3n media de las densidades ac3sticas para la zona total analizada. Esta carta de distribuci3n se confecciona de acuerdo a una escala de categor3as de densidad similar a la





utilizada en los estudios previos de cada recurso y el mapeo se realiza mediante el software (Surfer 8.0).

La posici3n media de la distribuci3n 3 centro de masa (CG) e inercia ( I ) se calcul3 mediante la expresi3n (Woillez *et al.*, 2007):

$$CG_i = \frac{\int x_i^* z(x) dx}{\int z(x) dx} \qquad I_i = \frac{\int (x_i - CG)^2 \cdot z(x) dx}{\int z(x) dx}$$

Donde  $x_i$  representa la posici3n espacial de la muestra y  $z(x)$  la densidad en el punto "i".



## 4.4 Objetivo específico 2.

Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. **Sección Merluza de cola.**

### 4.4.1 Estructura de tallas y proporción sexual

En la estimación de la estructura de talla y la proporción sexual de merluza de cola se empleó un diseño de muestreo bi-etápico, siendo la unidad de muestreo primario el lance de pesca y la unidad de segunda etapa fue la submuestra al azar de ejemplares de la captura de los lances de identificación de los ecotrazos. En cada muestreo se registró los datos del lance de pesca (fecha y hora del lance, posición, profundidad y captura), y los datos del muestreo biológico, como: talla, sexo y frecuencia.

La composición de talla fue estimada por una combinación lineal de las distribuciones de tallas obtenidas en cada lance de pesca, empleando como factor de ponderación los valores de capturas, correspondientes a cada uno de los lances. Las distribuciones de tallas de merluza de cola obtenidas fueron representadas de forma gráfica, y apoyados también con distribuciones de tallas acumuladas.

Estimador de la estructura de talla de la captura por sexo ( $\hat{p}_k$ ) y su varianza ( $\hat{V}(\hat{p}_k)$ )

$$\hat{p}_k = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \hat{p}_{ki}$$

$$\hat{V}(\hat{p}_k) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}^2_0} \frac{[\hat{p}_{ki} - \hat{p}_k]^2}{n-1} + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}^2_0} \frac{\hat{p}_{ki}(1 - \hat{p}_{ki})}{n_i^* - 1}$$

$$\hat{p}_{ki} = \frac{n_{ki}^*}{n_i^*}; \quad C_0 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i$$

donde:

- $i$  : Lances  $i = 1, 2, \dots, n, \dots, N$
- $n$  : Tamaño de muestra de lances.
- $N$  ; Número total de lances de identificación del crucero.
- $n_i^*$  : Número de ejemplares en la muestra del lance "i".
- $n_{ki}^*$  : Número de ejemplares de la talla "k" en la muestra del lance "i".



- $C_i$  : Captura de la especie en el lance "i".  
 $C_0$  : Captura de la especie en la totalidad de los lances muestreados  
 $\hat{p}_{ki}$  : Estimador de la proporción de peces de la talla "k" en el lance "i".  
 $l$  : Longitud del ejemplar  
 $\hat{l}$  : Estimador de la talla promedio  
 $s$  : Sexo  $s = 1, 2$   
 $n_{si}^*$  : Número de ejemplares del sexo "s" en la muestra del lance "i"  
 $\hat{p}_{si}$  : Estimador de la proporción sexual del sexo "s" en el lance "i".

Estimador de la talla promedio ( $\hat{l}$ ) y su varianza ( $\hat{V}(\hat{l})$ )

$$E(l) = \hat{l} = \sum_{k=1}^K l_k \hat{P}_k \quad ; \quad \hat{V}(\hat{l}) = \sum_{k=1}^K l_k^2 \hat{V}(\hat{P}_k)$$

Estimador de la proporción sexual ( $\hat{P}_s$ ) y su varianza  $\hat{V}[\hat{P}_s]$

$$\hat{p}_s = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_0} \hat{p}_{si}$$

$$\hat{V}(\hat{p}_s) = \left(1 - \frac{n}{N}\right) * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}^2} \frac{[\hat{p}_{si} - \hat{p}_s]^2}{n-1} + \frac{1}{nN} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i^2}{\bar{C}^2} \frac{\hat{p}_{si}(1 - \hat{p}_{si})}{n_i^* - 1}$$

$$\hat{p}_{si} = \frac{n_{si}^*}{n_i^*}, \quad C_0 = \sum_{i=1}^{i=n} C_i$$

El análisis de las estructuras de tallas utilizó información georeferenciada, en sentido latitudinal y batimétrico, según los estratos espaciales empleados en proyectos similares de evaluación hidroacústica de esta especie entre el 2000 y 2017 (Legua *et al.*, 2018; Lillo *et al.*, 2017; Córdova *et al.*, 2006). Para efectos de análisis espacial fue empleada una subdivisión latitudinal aplicada por Lillo *et al.* (2000 y 2001), la cual consistió en dividir la zona de estudio en 3 áreas: Area 1 entre 42°00' y 44°29'S. denominada Guafo; Area 2 entre 44°30' y 45°29'S. denominada Guablín; y Area 3 entre 45°30' y 47°29'S. denominada Taitao. A su vez, estas estructuras de tallas fueron analizadas para las zonas específicas de los tres cañones registrados en el área de estudio y descritos por Córdova *et al.* (2006), denominados Cañón Guafo, Cañón Guablín y Cañón Taitao; y el área Fuera de los cañones-



## 4.4.2 Composición de edades del stock de merluza de cola.

### 4.4.2.1 Análisis de los otolitos

Para la determinación de la edad, se utilizaron ambos otolitos de cada par colectado. En merluza de cola, se emplea la técnica de hidratado de ambos otolitos, utilizando cápsulas de hidratación para tal efecto, lo que les permite recuperar la nitidez de los *annuli*.

Para la observación de los otolitos se empleó un microscopio estereoscópico con aumento 10X, al cual se llevan las muestras, posterior a su preparación. Las cuales fueron primero hidratadas y luego teñidas por su cara interna con negro para facilitar el contraste o alternativamente prescindiendo de la tinción y observándolos directamente en cápsulas negras en donde se sumergen en líquido clarificante. La estimación de la edad de este recurso en base a la técnica de preparación señalada se ha realizado desde los inicios del estudio de la edad en este recurso en el Laboratorio de Edad y Crecimiento de IFOP (Ojeda *et al.*, 1998, Ojeda *et al.*, 2001, 2007, 2008 a y b; 2013, 2014; 2015, 2016, 2017 y 2018).

### 4.4.2.2 Clave edad – talla

Las claves edad - talla son matrices que permiten clasificar los individuos según su grupo de edad (GE) y estimar la probabilidad de pertenencia a las diferentes edades según el número de anillos en la estructura, el tipo de borde y la época del año en que se obtuvo la muestra. Se emplea una fecha arbitraria de nacimiento, que en el caso de las pesquerías chilenas es el uno de enero, facilitando la identificación de la clase anual restando al año de la captura el GE asignado.

La clave edad - talla, cuenta con la clasificación de las lecturas de cada otolito por grupo de edad y se estima la probabilidad condicionada a la talla y varianza como:

$$\hat{p}(e / K = k) = \hat{q}_{ske} = \frac{n_{ske}^*}{n_{sk}^*} \hat{V}(\hat{q}_{ske}) = \frac{1}{n_{sk}^* - 1} \hat{q}_{ske} [1 - \hat{q}_{ske}]$$

### 4.4.2.3 Estimación de la estructura etaria del stock evaluado

a) Estimador de la abundancia en número por grupo de edad  $\hat{N}_{se}$  y su varianza  $\hat{V}(\hat{N}_{se})$

$$\hat{N}_{se} = \hat{N}_s \hat{p}_{se}$$
$$\hat{V}(\hat{N}_{se}) = \hat{N}_s^2 \hat{V}(\hat{p}_{se}) + \hat{p}_{se}^2 \hat{V}(\hat{N}_s) - \hat{V}(\hat{N}_s) \hat{V}(\hat{p}_{se})$$

b) Estimador de la estructura de edad del stock  $\hat{p}_{se}$  y su varianza  $\hat{V}(\hat{p}_{se})$  (Kimura 1977)



$$\hat{p}_{se} = \sum_{k=1}^K \hat{q}_{ske} \hat{p}_{sk} \quad ; \quad \hat{V}(\hat{p}_{se}) = \sum_{k=1}^K \left[ \hat{p}_{sk}^2 \frac{\hat{q}_{ske} (1 - \hat{q}_{ske})}{n_{sk}^*} + \hat{p}_k \frac{(\hat{q}_{ske} - \hat{p}_{se})^2}{N_{sk}^*} \right]$$

donde

- $\hat{N}_s$  : Estimador de la abundancia en número para el sexo "s"
- $\hat{N}_{se}$  : Estimador de la captura en número para el sexo "s" y grupo de edad "e"
- $\hat{p}_{se}$  : Estimador de la proporción para el sexo "s" y grupo de edad "e"
- $\hat{p}_{sk}$  : Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k"
- $\hat{q}_{ske}$  : Estimador de la proporción de peces para el sexo "s" y la talla "k", clasificados en el grupo de edad "e"
- $n_{ske}^*$  : Número de peces del sexo "s" y la talla "k" que pertenecen al grupo de edad "e"
- $n_{sk}^*$  : Número de peces del sexo "s" y de la talla "k" en la muestra

#### 4.4.2.4 Peso medio a la edad

La estimación del peso medio a la edad, se realiza a partir de la longitud promedio por grupo de edad según sexo, empleando las relaciones longitud – peso, lo cual tiene un sesgo sistemático para cada longitud promedio dada. Este sesgo se incrementa con la variabilidad en la longitud de los peces en la muestra (Ricker, 1958). Pienaar y Ricker (1968) desarrollaron un método que permite corregir en forma significativa este sesgo.

Suponiendo que la longitud es una variable aleatoria normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ ,  $L \sim N(\mu, \sigma^2)$ , el valor esperado de función de  $W$ ,  $\Psi(L)$ , se estimó mediante el Método Delta (Wolter, 1985) como:

$$E(W) = a(\mu^b + a_1 \mu^{b-2} \sigma^2 + a_2 \mu^{b-4} \sigma^4 + a_3 \mu^{b-6} \sigma^6 + \dots)$$

En donde el número de términos de esta expresión general, está dado por la parte entera de  $(b+3)/2$ . Dado el valor que toma el coeficiente b en las funciones, se indica el uso de 3 términos en esta expresión, siendo:

- a = intercepto de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- b = pendiente de la relación longitud- peso ajustada por sexo.
- $\mu$  = promedio de la longitud al grupo de edad.
- $\sigma$  = varianza de la longitud al grupo de edad.
- a1; a2 = valor tomado de la Tabla de valores de coeficientes (Pienaar y Ricker, 1968).



#### 4.4.2.5 Estimación del tamaño de la muestra para la estimación de la edad

En la selección del tamaño de muestra a emplear para las claves de edad - talla existen diferentes criterios. Entre los más empleados se encuentra el considerar un número fijo de muestras por estrato de talla, o bien el emplear un número de muestra que se tome en forma proporcional al muestreo de frecuencia de longitud del área. Este último método, permite aumentar notablemente la precisión de las matrices considerando un mismo número total de muestras analizadas (Kimura, 1977; Lai, 1987; Ojeda y Céspedes, 1986; Lai, 1993; Robotham, 1994).

Siguiendo el criterio de asignación proporcional y el procedimiento propuesto por Kimura (1977), se han estimado tamaños de muestra para la construcción de la clave edad-talla en estos recursos (IFOP, 2002). Para merluza de cola se estimó un tamaño de muestra de 1200 ejemplares para alcanzar un índice de precisión de 0,024 (IFOP, 2002). Por consiguiente, se podría trabajar en base a un tamaño de muestra de 600 ejemplares por sexo, en el caso de una estructura de edades bastante más completa que la que se registra en la actualidad. En los últimos años, el stock desovante se constituye de una estructura etaria conformada principalmente por adultos jóvenes, con moda en GE III (Lillo *et al.*, 2012; 2013; 2014 y 2015).

#### 4.4.2.6 Madurez a la edad

El muestreo biológico efectuado en los lances de identificación realizados durante el crucero de investigación considera la caracterización del estado reproductivo de ambos recursos objetivos, clasificando macroscópicamente sus gónadas según su estadio de madurez sexual (EMS) en base a las escalas de clasificación utilizadas por el Instituto de Fomento Pesquero.

#### 4.4.2.7 Relación longitud – peso

La relación longitud - peso es ampliamente usada en pesquerías para estimar el peso a partir de la longitud de un individuo y también para estimar índices de condición (Hayes *et al.*, 1995). La expresión más usada para esta relación corresponde a la ecuación alométrica donde el peso es expresado en función de la longitud, y sus parámetros son estimados mediante una regresión lineal de los datos log-transformados. Dado que la variabilidad en el peso aumenta con la longitud, esta transformación tiene la ventaja de estabilizar la varianza del peso, pero introduce un factor de sesgo en las predicciones retransformadas (Bradú y Mundlak, 1970; Hayes *et al.*, 1995). Sin embargo, en pesquerías esta corrección frecuentemente se omite, puesto que generalmente es muy pequeña (De Robertis y Williams, 2008).

El modelo que relaciona el peso con la longitud del pez corresponde a un modelo multiplicativo en el término de perturbación, y está dado por la relación:

$$W_i = aL_i^b \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n,$$



Donde  $W_i$  y  $L_i$  representan el peso total y la longitud total del individuo  $i$ -ésimo,  $\varepsilon_i$  indica un error aleatorio,  $a$  y  $b$  son los parámetros del modelo. Atendiendo a la forma de la ecuación anterior, se deriva un modelo de regresión lineal simple aplicando la transformación logarítmica de la siguiente forma:

$$\ln(W_i) = \ln(a) + b \ln(L_i) + \ln(\varepsilon_i),$$
$$Y_i = \alpha + b x_i + \varepsilon'_i; \quad i = 1, \dots, n,$$

Para la estimación de los parámetros de la relación linealizada se utilizó el método de máxima verosimilitud asumiendo que los errores siguen una distribución normal con media cero y varianza  $\sigma$ .

### 4.5 Objetivo específico 3.

*Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.*  
**Sección Merluza de cola.**

A partir de las muestras obtenidas durante los lances de identificación realizados durante el presente crucero de evaluación acústica se caracterizaron diferentes aspectos del estado reproductivo de la merluza del sur.

#### 4.5.1 Metodología a bordo

A cada ejemplar muestreado se le midió la longitud total (LT), peso total; peso eviscerado, ambos con una precisión de 5 gramos y peso de la gónada, con una precisión de 1 gramo. Además, se determinó la madurez sexual de acuerdo a una escala de apreciación macroscópica que distingue 5 estadios; posterior a ello las muestras se pesaron y fijaron en formalina 10% con tampón fosfato de Sorensen (Hunter *et al.*, 1985), metodología requerida para el análisis histológico.

La determinación del tamaño de muestra para estimar el índice gonadosomático, se basó en el análisis de datos de cruceros previos. De esta manera, conociendo un estimado *a priori* de la media y varianza del IGS y utilizando la metodología de determinación de tamaño de muestra para variables continuas (Thompson, 1992), se estimó el número ejemplares requerido en 600 para obtener un IGS con un error de un 8% en merluza de cola, empleando la siguiente relación:

$$n_0 = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 S^2}{(d \bar{X})^2}$$



Donde  $n_0$  es el tamaño de muestra,  $Z$  es el percentil de la distribución normal estándar,  $S$  es la desviación estándar del parámetro de interés,  $d$  corresponde al nivel de error de estimación y  $\bar{X}$  corresponde al estimador de la media del parámetro.

La relación entre el error de estimación del IGS y el número de ejemplares muestreados presenta un patrón de disminución del error en que este decrece rápidamente en la medida que se selecciona un número mayor de ejemplares en la muestra hasta llegar alrededor de los 300 ejemplares, posteriormente la tasa de disminución decrece sistemáticamente.

#### 4.5.2 Análisis de laboratorio

Las gónadas de merluza del sur analizadas en el laboratorio fueron 588.

##### a) Estadio de madurez sexual (EMS)

El estadio de madurez sexual se determinó de acuerdo a las características macroscópicas y mediante el examen microscópico de trozos de las gónadas fijadas a bordo. Los trozos de gónada se disgregaron para posteriormente medir el diámetro de los ovocitos más desarrollados, determinar la presencia de ovocitos hidratados con gota oleosa y la existencia de algún grado de reabsorción, como también examinar el aspecto general del resto de los ovocitos. La **Tabla 2** corresponde a la escala apreciativa modificada para su aplicación en la merluza de cola, que consta de cinco estadios (EMS).

##### b) Estimación del índice gonadosomático (IGS) y su varianza ( $\hat{v}(IGS)$ )

Se pesaron las gónadas con una balanza electrónica de 0,1 g de precisión y se calculó el índice gonadosomático (IGS) sobre la base del peso de la gónada (PG) y del cuerpo del pez (PC) como:

$$IGS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_{gi}}{(P_{ci} - P_{gi})} \cdot 100$$
$$\hat{V}(IGS) = \frac{1}{n} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [IGS_i - IGS]^2 \Rightarrow DS = \sqrt{\hat{V}(IGS)}$$

Con la información respecto del EMS según la talla de las hembras y el IGS promedio, se obtuvieron resultados que permitieron determinar la etapa del proceso de desove en que se encontraba la fracción adulta de la población.

##### c) Análisis histológico de las gónadas





El proceso de fijación consiste en mantener los tejidos gonadales cómo eran en vida. Para ello se debe elegir un líquido fijador que asegure una penetración total en los tejidos, lo que permite evitar cambios estructurales en la morfología microscópica (histoarquitectura gonadal) como también la acción bacteriana u hongos, o la autólisis.

De acuerdo con esta premisa, sub muestras de 3 mm de grosor proveniente de la porción central de la gónada se post fijaron en una solución de formaldehido 10% en buffer fosfato de Sorensen a pH 7,2 por 48 horas e incluyeron en paraplast PF 58-60°C lo que permitió pasar a la etapa de macrotomía. Cortes finos de 5 micras de espesor obtenidos en un micrótopo rotatorio Micrón modelo HM 325 (Micrón International GmbH) se tiñeron con hematoxilina de Harris y eosina (técnica de rutina) y montaron con entellan nuevo, medio de montaje que tiene la misma densidad óptica que el vidrio (Merck Química Chile). El análisis histomorfológico se llevó a cabo en un microscopio de luz Karl Zeiss modelo Axiostar plus con sistema micro fotográfico Canon EOS 1100Rebel T3.

La definición de los estadios ováricos se llevó a cabo sobre la base de los criterios señalados por Wallace y Selman (1981) para peces teleósteos y los descritos por Hunter y Macewicz (1985) en clupeidos: Sobre esta plataforma se clasifican estadios virginal e inmaduro, alveolo cortical, parcialmente vitelado, vitelado, migrante, hidratado y post desovado (o reposo sexual) (**Tabla 3**) los cuales se asimilan a los 6 estadios definidos por Balbontín y Fisher (1981) para merluza.

#### d) Ojiva de madurez y talla media de madurez.

Para la estimación de la talla y edad media de madurez en que el 50% de las hembras está sexualmente madura y la ojiva de madurez, se consideraron dos enfoques de estimación: la utilización de un modelo lineal generalizado GLM (McCullagh y Nelder, 1989) asumiendo una respuesta binomial, con función de enlace logística.

La estimación de parámetros por este método fue realizada mediante el método de máxima verosimilitud (Welch y Foucher, 1988). Se utilizó el programa R versión 3.4.2 (2017) The R Foundation for Statistical Computing Platform.

Para el GLM se consideró que la respuesta ( $Y_i$ ) número de individuos maduros (hembras), sigue una distribución binomial cuyo predictor lineal esta expresado como,

$$\eta_i = b_0 + b_1 * LT_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

con  $(b_0, b_1)^{LT}$  los coeficientes del modelo y  $LT$  la longitud (o edad) del ejemplar. Se consideró la función de enlace logística dada por,

$$g[P(LT)] = \log \left( \frac{P(LT_i)}{1 - P(LT_i)} \right) = \eta_i, \quad i = 1, \dots, n$$



la cual relaciona el predictor lineal con la media de la variable respuesta (la proporci3n de individuos maduros a una longitud o edad), de la siguiente forma,  $E(Y_i) = g^{-1}(\eta_i)$ , quedando expresado como,

$$E(Y_i) = P(LT) = g^{-1}(\eta_i)$$
$$\log\left(\frac{P(LT_i)}{1 - P(LT_i)}\right) = b_0 + b_1 * LT$$
$$P(LT) = \frac{1}{1 + \exp[-(b_0 + b_1 * LT)]}$$

Dada la definici3n de modelo lineal generalizado (McCullagh *et al.*, 1989), este no considera un error en el modelo m1s bien, y esa es una de las generalizaciones desde un modelo lineal, que asume una distribuci3n para la respuesta, que en este caso corresponde a una distribuci3n binomial. Para la incorporaci3n de la incertidumbre se consider3 el uso de la estimaci3n anal1tica descrita en Roa *et al.* (1999).

Por otra parte, para obtener una aproximaci3n diferente para la estimaci3n de la talla inicial de madurez en la merluza de cola, se calcul3 el incremento relativo del IGS en que la talla de madurez corresponde al mayor incremento del IGS en clases sucesivas de longitud total de las hembras (Flores y Smith, 2010).

$$IR.IGS = \frac{(IGS_{j+1} - IGS_j)}{IGS_j} \cdot 100$$

Donde:

$IGS_{j+1}$  = IGS promedio de la clase de tama1o j+1

$IGS_j$  = IGS promedio de la clase de tama1o j.

### e) Fecundidad modal

Para la determinaci3n de fecundidad se introdujeron peque1as variaciones al m3todo de Hunter y Macewicz (1985) para ello, se seleccionaron ovarios de peces en maduraci3n avanzada o maduros, en la escala histol3gica corresponden a ovocitos con n1cleo migrante, o bien s3lo en etapa de inicio del proceso de la hidrataci3n (hialinos), para evitar la utilizaci3n de g3nadas en que ya se hubiese iniciado el proceso de desove, considerando adem1s que merluza de cola presenta un desove de tipo total las tres submuestras solo fueron contabilizadas, de las cuales 100 muestras cumplieron con los requisitos establecidos en este procedimiento.



Luego de contar bajo un microscopio estereoscópico los ovocitos de la moda más avanzada de tamaño de cada submuestra, se obtuvo el promedio de ovocitos de acuerdo a la siguiente relación:

$$E_i = n_0 \cdot W_i$$

Donde:

- $E_i$  = fecundidad (número total de ovocitos de la moda más avanzada de tamaño en el ovario).  
 $W_i$  = peso húmedo del ovario (g).  
 $n_0$  = número promedio de ovocitos de la moda más avanzada por gramo de submuestra.

Los valores de la fecundidad modal se relacionaron con el peso corporal y la longitud total de las hembras.

Para el cálculo de la fecundidad media poblacional, se utilizó la ecuación de regresión de la fecundidad modal *versus* el peso corporal menos el peso de la gónada. A partir de esta ecuación, se estimó la fecundidad de cada hembra madura muestreada y se obtuvo el valor promedio de fecundidad para cada lance (Picquelle y Stauffer, 1985), de acuerdo a la siguiente relación:

$$\bar{\bar{F}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \bar{F}_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Dónde:

- $\bar{\bar{F}}$  = fecundidad media de la muestra total  
 $\bar{F}_i$  = fecundidad modal promedio en el lance  $i$   
 $m_i$  = número de hembras muestreadas en el lance  $i$   
 $N$  = número de lances.



#### 4.6 Objetivo específico 4.

Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio. **Sección merluza de cola.**

El diseño empleado para determinar la importancia relativa de la fauna acompañante considera como unidad de muestra el lance de pesca. La información básica que caracterizó el lance fue el peso de las especies capturadas (kg) y datos operacionales, como: número del lance, posición geográfica, hora de inicio y término, fecha y profundidad de operación de la red (relinga superior).

En cada lance se tomó una muestra aleatoria de la captura, dispuesta en cajas de 44 litros. Cada caja fue pesada, para luego identificar y pesar por grupos específicos, incluyendo las especies objetivos del estudio

Para la estimación de la proporción de especie ( $\hat{p}_t$ ) se utilizó el estimador:

$$\hat{p}_t = \sum_{r=1}^M \frac{C_{tr}}{C_r} \hat{p}_{tr}; \quad C_o = \sum_{j=1}^M C_{tr}; \quad \hat{p}_{tr} = \frac{\sum_{k=1}^K W_{trk}}{\sum_{k=1}^K W_{rk}}$$

Donde:

$C_{tr}$  = Captura total en el lance  $r$ .

$W_{trk}$  = Peso de la especie  $t$ , en la caja  $k$  del lance  $r$

$M$  = Número total de lances en el crucero.

$\hat{p}_{tr}$  = Estimador de la proporción de la especie  $t$  en el lance  $r$ .

Lo anterior permitió determinar la importancia relativa global de la fauna acompañante en el área de estudio. Posteriormente se agruparon los lances de pesca por rango de profundidad y posición latitudinal a fin de describir y analizar la presencia de las especies según estas categorías (método gráfico).

##### 4.6.1 Análisis de los datos

Se efectuó un análisis descriptivo orientado a determinar la participación de las especies que componen la fauna acompañante de las especies objetivos y descripciones en términos de rango de profundidad, posición latitudinal y en forma global, respecto de la captura total obtenida y de la captura de la especie objetivo, además de la captura de las especies que componían la fauna acompañante. Para determinar el aporte porcentual en peso de cada especie respecto del total de la captura de la especie objetivo, se agrupó la fauna acompañante por rango batimétrico y por latitud.



Para estimar la importancia relativa de las especies, se revisó el registro del volumen de captura específico y se determinó la importancia relativa (en peso) de las especies de la fauna acompañante, según la contribución a la captura total y en relación con las especies objetivos del estudio.

#### 4.6.2 Análisis comunitario

Se realizó para establecer e identificar agrupaciones específicas en el área de estudio, se dividió en macro zonas, las que a su vez que se dividieron en rangos batimétricos de 100 m de profundidad. Estos análisis consistieron básicamente en establecer e identificar agrupaciones específicas a partir de la aplicación de métodos de análisis basados en la clasificación y ordenación de las especies, que permiten obtener una visión de la comunidad a la cual está asociada la especie objetivo.

#### 4.6.3 Identificaciones de agrupaciones específicas

El análisis consistió en la identificación por macro zona y batimétrica de las agrupaciones específicas a partir del análisis de clasificación de conglomerados (análisis de *cluster*) y de ordenación MDS (*Multidimensional Scaling*) (Clifford y Stephenson, 1975). En ambos casos se trabajó con una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la presencia de éstas a lo largo de los cruceros realizados entre los años 2000 y 2017, agrupadas por cruceros, cruceros-subzonas de evaluación y cruceros - estratos de profundidad. Cabe destacar que, para determinar la presencia de agrupaciones de fauna se consideró a merluza del sur y merluza de cola como parte integral de la fauna asociada a la zona de estudio.

La matriz de similaridad fue estructurada a partir de una matriz de abundancia relativa (CPUA) de las especies componentes de la fauna acompañante, agrupadas por macrozona y rango batimétrico. La comparación se realizó utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957). La función del índice se expresa por:

$$BC = \frac{\sum_{i=1}^p |x_{ijz} - x_{ikz}|}{\sum_{i=1}^p (x_{ijz} + x_{ikz})}$$

Donde  $p$  número de puntos macro zona rango batimétrico,  $X_{ijz}$  es la abundancia relativa de la especie "i" en la macro zona "j" rango batimétrico "z" y  $X_{ikz}$  es la abundancia relativa de la especie "i" en la macro zona "k" rango batimétrico "z".

Para equilibrar los valores atípicos (especies raras, poco comunes o con valores de abundancia relativa muy altos), los valores de la matriz original de abundancia relativa (CPUA) fueron transformados a través de la aplicación de raíz cuarta ( $\sqrt[4]{}$ ), según el criterio propuesto por Clarke y Warwick (1994).



## 4.7 Objetivo específico 5.

Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. **Sección merluza de cola.**

De los individuos de merluza de cola capturados en los lances de pesca, realizados para la identificación de ecotrazos, se extrajeron estómagos completos para analizar su contenido estomacal. Para ello la muestra debe extraerse cuidadosamente evitando la pérdida de su contenido. Estas muestras obtenidas, fueron debidamente rotuladas y congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ , en congeladores a bordo de la embarcación, para su posterior análisis de laboratorio.

Se realizaron dos tipos de análisis de la composición alimentaria de merluza de cola, análisis de contenido estomacal (ACE), y además análisis de isótopos estables (AIE).

### 4.7.1 Contenido estomacal

El análisis estomacal se realizó en el laboratorio húmedo de la base de IFOP, en Puerto Aysén, con el fin de reducir la descomposición de las presas en los estómagos. Cada estómago, fue identificado gracias a su número asignado en el muestreo a bordo; los que posteriormente fueron pesados en una balanza digital de precisión ( $\pm 0,01$  g), seguido de una cuidadosa disección, traspasando luego el contenido estomacal a una placa de Petri.

Las presas fueron separadas e identificadas hasta el taxón más bajo posible para después contarlas y pesarlas. Desde esta etapa, se obtuvo tejido muscular de las presas con un estado de digestión menor ( $< 3$  hrs), las cuales fueron lavadas con agua mili-Q y posteriormente congeladas a  $-80^{\circ}\text{C}$ , con el fin de remover el carbono inorgánico.

Para el tratamiento de las presas, en el caso de los crustáceos, se les tomó un trozo de músculo del abdomen removiendo el exoesqueleto (Feuchtmayr y Grey, 2003). Las muestras de tejidos de los peces se limpiaron con abundante agua mili-Q para luego reducir a un peso de  $\sim 10$  mg. Estos tejidos fueron puestos en un aparato Soxhlet mediante una solución de éter de petróleo durante 4 horas continuas, con el objetivo de remover los lípidos y así estimar los lípidos presentes para la estimación de energía (Sallaberry-Pincheira *et al.*, 2018).

### 4.7.2 Observación del lente ocular

La historia de vida que puede registrarse internamente por isótopos estables, puede utilizarse para generar tendencias de toda la vida en la dieta de los peces, la dependencia trófica y las migraciones. Estos registros internos y marcas en la historia de vida son difíciles de obtener, ya que la mayoría de los tejidos experimentan una rotación metabólica, y esta rotación, pone límites al período de tiempo retrospectivo que puede ser investigado. Por ejemplo, los otolitos, las escamas y las vértebras son



tejidos que se utilizan actualmente para proporcionar registro del ciclo vital de los peces. Los otolitos se utilizan generalmente para determinar la edad de los peces, pero para los registros isotópicos se usan para reconstruir sus dietas a medida crece (Wallace *et al.*, 2014). Estas estructuras duras crecen durante toda la vida de los peces y consisten en carbonato de calcio depositado en una matriz proteica. Esta parte proteica no es lo suficientemente abundante (3-4% por peso) como para permitir comparaciones de  $\delta^{15}\text{N}$ . Por otro lado, las escamas también crecen durante la mayor parte de la vida y proporcionan una forma no letal de medir las proporciones isotópicas. Sin embargo, las escamas de los peces se superponen al material orgánico antiguo con material nuevo durante el crecimiento en un fenómeno llamado “Overplating”. Este fenómeno afecta las relaciones isotópicas al combinar valores isotópicos de material nuevo y antiguo, y por consiguiente las escamas pueden no proporcionar una representación verdadera de la información isotópica en una escala temporal. El tejido vertebral también ha sido explorado, teniendo buenos resultados, especialmente en tiburones. El colágeno extraído de las vértebras cartilaginosas se conserva porque el cartílago tiene una baja actividad metabólica (poca o ningún recambio) y se deposita en capas secuenciales, permitiendo hacer un seguimiento a la historia de vida del individuo (Quaeck-Davies *et al.*, 2018). Sin embargo, en peces de menor tamaño, y en peces óseos, la cantidad de tejido por anillo de crecimiento es bajo, incluyendo también la influencia de la Hidroxiapatita, en el  $\delta^{13}\text{C}$ . Los últimos hallazgos se centran en el lente ocular de los peces para estudiar la dieta a través de la historia de vida del pez. Los lentes oculares de vertebrados están compuestos en gran parte de diferentes formas de una proteína estructural (el cristalino), que se desarrolla en capas (láminas) en el cristalino externo a medida que el animal crece. En peces, durante la fase de gástrula media-tardía, las células del cristalino derivan del ectodermo superficial y se diferencian en dos tipos de células, las células epiteliales del cristalino y las células fibrosas. Pues bien, los lentes de los ojos de los peces son esféricos, y las células de fibra óptica se colocan en capas concéntricas, muy similar a las capas de una cebolla. Las células de fibra aumentan de longitud a medida que el pez crece, pero el aumento de longitud es una función escalonada del radio de la lente en lugar de un aumento continuo, y esta función escalonada crea las discontinuidades físicas que son visibles entre las láminas adyacentes. Por lo tanto, la parte más antigua del cristalino se encuentra en el centro (núcleo del cristalino); las células de fibra nuclear se encuentran entre las más antiguas del cuerpo del pez, comenzando su fase embrionaria. Mientras que el margen exterior de la lente es el material más joven del pez. Por lo tanto, los cristalinos y otras proteínas del cristalino son ricas en carbono como en nitrógeno, por lo que son adecuadas para  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . Es así, que el número de láminas encontradas puede asociarse a la edad del individuo y con ello, no solo saber lo que ocurrió en ese año en particular, sino también los periodos de crecimiento. Por lo tanto, la utilización de los lentes oculares permite la reconstrucción de la historia dietaria a través de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , como también otras interpretaciones ecológicas asociadas.



Para determinar la historia de vida alimenticia de la merluza del sur, se extrajo el lente del ojo del aparato ocular, para luego ser cortado sagitalmente (**Figura 5**) y medido desde el núcleo al extremo exterior (Wallace *et al.*, 2014; Quaeck-Davies *et al.*, 2018). Al no existir una estimación de las láminas del lente, se procedió a dividir en tres el lente: parte interna, que correspondió al núcleo del lente, parte media, que correspondió a la división en dos de la longitud total del radio del lente, y la parte externa que corresponde a las láminas externas del mismo.

Posteriormente, todas las muestras fueron reducidas a un peso entre 400 - 500  $\mu\text{g}$  y depositadas en cápsulas de estaño, para luego ser llevadas a un espectrómetro de masas en modo de flujo continuo (CF) "Nu-Instruments", modelo Perspective, acoplado a un analizador elemental (EA) de Eurovector, modelo EA-3024.

Los radios isótopos fueron reportados en notación de  $\delta$ , usando como estándar Pee Dee Belemita para  $\delta^{13}\text{C}$  y Nitrógeno atmosférico para  $\delta^{15}\text{N}$ . Por lo tanto,  $\delta^{13}\text{C}$  o  $\delta^{15}\text{N} = [(R \text{ muestra}/R \text{ estándar}) - 1] \times 10^3$ , donde R es  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  o  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ , respectivamente. Este análisis tuvo una precisión menor a  $\pm 0,1\%$  para  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ .

### 4.7.3 Análisis de datos

#### 4.7.3.1 Análisis del contenido estomacal

Las presas, se agruparon en categorías mayores, como por ejemplo camarones o cefalópodos (Fry, 2013). El análisis del contenido estomacal se realizó a través del Índice estandarizado de Importancia Relativa Presa-Específico (%PSIRI), el cual es un ajuste del tradicional Índice de Importancia Relativa (Pinkas *et al.*, 1971), lo que permite un mejor ajuste del modelo debido a la eliminación de la sobrevaloración de la frecuencia de ocurrencia (FO) que ocurre con otros índices (Brown *et al.*, 2012). PSIRI utiliza los valores porcentuales de frecuencia de ocurrencia, número (N) y peso (W) de cada ítem presa (*i*) para estimar inicialmente los valores correspondientes a PN (valor promedio del número) y PW (valor promedio del peso) a través de la siguiente ecuación (Smircich *et al.*, 2017).

$$\%PA_i = \Sigma \%A_{ij} / n_i$$

Donde  $\%A_{ij}$  es el porcentaje de  $N_i$  o  $W_i$  de la presa *i* en la dieta del depredador *j*;  $n_i$  es el número de estómagos donde se encontró a la presa *i*. El Índice de Importancia Relativa Presa-Específico se estimó según la ecuación propuesta por Brown *et al.* (2012), por lo tanto, la ecuación es:

$$\%PSIRI_i = \%FO_i \times (\%PN_i + \%PW_i)/2$$

Los tamaños fueron divididos en dos; Grupo 1(G1) y Grupo 2 (G2). Entonces, G1 correspondió a todos los ejemplares  $\leq 75,7$  cm LT (Longitud Total) y G2  $> 75,7$  cm de LT.

- **Modelos de mezcla con inferencia bayesiana:**





Los enfoques de isótopos estables son una herramienta ecológica importante que permite abordar preguntas cada vez más sofisticadas en una serie de disciplinas, aunque la mayor parte del trabajo, se ha centrado en la búsqueda del aporte dietario para los animales y la proporcionalidad de sus recursos presas. Los modelos de mezcla isotópica han facilitado mucho este progreso, ya que permite a los investigadores estimar la contribución proporcional de las presas dentro de una mezcla (tejido del depredador) y, por lo tanto, inferir la composición de la dieta. Se han propuesto numerosos enfoques para resolver modelos de mezcla isotópica, como por ejemplo Moore y Semmens (2008) o Parnell *et al.* (2010), aunque los desarrollados por Phillips *et al.* (2005) han sido los más ampliamente aceptados. En los sistemas matemáticamente determinados, se utilizan modelos sencillos de mezcla lineal para encontrar soluciones únicas, suponiendo que no hay variabilidad dentro de las presas. Una extensión de estos es “IsoError”, y que permitió que la variación se propagara para producir incertidumbre dentro de los resultados, siendo más apropiado para sistemas naturales. A medida que pasa el tiempo, el número de presas es mayor que el número de isótopos, y por lo tanto no existía una solución exacta. Desde allí nace un enfoque estándar llamado “IsoSource” que utiliza un algoritmo iterativo, produciendo una gama de soluciones viables, basadas en un umbral arbitrario definido por el usuario. Pero en general, los modelos descritos anteriormente están limitados por el número de fuentes, pero tal vez lo más frustrante es que los resultados de estos modelos representan una serie de soluciones viables, sin cuantificar cuáles son las más probables. Además, ninguno de estos modelos tiene en cuenta la variación en los TEFs (Trophic enrichment factor, por sus siglas en inglés).

Es así, que desde la discusión científica, nacen cuatro puntos fundamentales para estimar la proporcionalidad de la dieta de un depredador a través de la modelación isotópica:

1. La tarea de hacer frente a las incertidumbres, que sean inherentes a todo tipo de sistemas biológicos, en particular a las situaciones ecológicas.
2. Trabajar con sistemas no determinados, en los que existen muchas más presas potenciales que los isótopos.
3. Incorporar la variabilidad en los parámetros de entrada, como los depredadores o consumidores, las presas y los factores de enriquecimiento trófico (TEFs).
4. Tratamiento de fuentes externas de variación no relacionadas con la incertidumbre isotópica (como diferencias fisiológicas o fuentes dietéticas menores no identificadas).

Es en este sentido, que inferencia bayesiana ofrece incorporar los puntos indicados anteriormente, adicionando muchas más fuentes de variabilidad dentro del modelo, y que a la vez permite múltiples presas y generando soluciones dietéticas potenciales como verdaderas distribuciones de probabilidad. Así, el análisis de modelos de mezcla implementado por el paquete de software SIAR (Stable Isotope Analysis in R) es uno que más se acomoda a este tipo de análisis (Parnell y Jackson 2015).

SIAR es un modelo de mezcla bayesiano que utiliza “MCMC” a diferencia de otros modelos que usan “Sample Importance Resampling”, los dos modelos difieren fundamentalmente de tal manera que SIAR incluye un término de error residual general. Es así, que SIAR usa las fuentes desconocidas de error en los datos observados, más allá de las cuantificadas por errores en las fuentes y los factores de



enriquecimiento trófico, las cuales no son ignoradas y siempre el modelo incluye un término residual (como se esperarían rutinariamente en cualquier modelo lineal).

Por lo tanto, se utilizó el modelo de mezcla bayesiano SIAR (Parnell *et al.*, 2010) para estimar la contribución relativa de las presas en los individuos de los peces. El uso de SIAR se ha validado por la robusta congruencia en sus resultados, ya que al igual que otros modelos de mezcla basados en inferencia bayesiana (SIMMS (Parnell *et al.*, 2013) incluye la información individual del consumidor de los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , factores de enriquecimiento trófico (TEFs) y las diferencias entre consumidores y fuentes de C:N en sus tejidos (Docmac *et al.*, 2017). De esta forma, se usaron los valores de TEFs propuesto por (McCutchan *et al.*, 2003):  $2,6 \pm 1,3$  para  $\Delta^{13}\text{C}$  y  $5,8 \pm 1,3$  para  $\Delta^{15}\text{N}$ . Si el valor de C:N fuese mayor a 3,5, se procedió a corregir los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  a través del método de Kiljunen *et al.* (2006).

- Prioris usados:

La información a priori usada en los modelos de mezcla fueron los resultados provenientes de los contenidos estomacales.

1. Para Merluza del sur; merluza de cola (85.86); mictófidios (6.78); camarones (2.96); cefalópodos (4.23); peces meso pelágicos -no mictófidios- (0.17)
2. Para Merluza de tres aletas; mictófidios (33.37); camarones (60.46); cefalópodos (6.17)
3. Para Merluza de cola; anfípodos (7.27); camarones (23.10); merluza de tres aletas (5.09); mictófidios (18.75); peces meso pelágicos -no mictófidios- (45.79).

#### 4.7.3.2 Análisis del lente ocular

En el caso del análisis de historia de vida a través del lente ocular, se subdividió en 3 estratos Y1 (zona central del lente), Y2 (zona media del lente), Y3 (zona exterior del lente), y para verificar que los valores de las distintas capas del lente fueran consistentes, se comparó la parte exterior con los tejidos del individuo a través de un ANOVA de una vía. En teoría, la capa exterior no debería presentar diferencias significativas con los tejidos, ya que la capa exterior del lente corresponde al último periodo de incremento metabólico del pez. Las edades fueron retro calculadas en base a su longitud de acuerdo a (Ojeda y Aguayo, 1986). Para comparar estadísticamente los estratos se usó el test de Kruskal-Wallis (H) para estómagos y un test PERMANOVA de una vía para isótopos estables (Quinn y Keough, 2002).

#### 4.8 Objetivo específico.6.

*Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. **Sección merluza de cola.***

La caracterización de las agregaciones se efectuó mediante el uso de descriptores obtenidos a partir de observaciones acústicas verticales realizadas durante la prospección acústica y lances de pesca



mediante el sistema de ecointegración Simrad ER-60 y que fueron procesados mediante el programa Echoview® (versión 7.1.36).

Una agregación es definida como un conjunto de muestras acústicas que poseen una continuidad vertical y horizontal y además exceden un umbral predeterminado de energía y tamaño, es decir, muestras contiguas tanto a lo largo del mismo pulso (continuidad vertical) como desde el pulso anterior (continuidad horizontal). La resolución horizontal corresponde a la distancia cubierta entre pulsos sucesivos y la vertical a la distancia relativa correspondiente a la semi longitud del pulso.

Un aspecto que se debe mencionar con respecto a las agregaciones de peces detectadas en la zona de estudio es que merluza del sur no forma cardúmenes y merluza de cola lo hace en escasas ocasiones, sino que generalmente forman agregaciones de densidad variable que presentan distintos grados de mezcla. Lo anterior no permite diferenciar que parte de la agregación está conformada por una u otra especie para poder estimar particularmente los descriptores de energía y morfométricos considerados en este objetivo.

#### 4.8.1 Descriptores y variables utilizadas en el análisis

De las agregaciones detectadas se extrajeron descriptores de posición, energía, morfológicos y batimétricos, estando referidos los primeros a la posición geográfica de las agregaciones, los de energía a la energía retrodispersada por las agregaciones, los morfológicos asociados al tamaño y forma de éstas, y los batimétricos definiendo la posición de la agregación en la columna de agua (Scalabrin y Massé, 1993; Freón *et al.*, 1996).

- a) **Descriptores de posición:** Corresponde a la posición geográfica media y medida en el pulso central de cada agregación.
- b) **Descriptores de energía:** Están referidos a la energía retrodispersada por una agregación (NASC o  $s_A$ ) expresada en  $m^2/mn^2$  y a su densidad acústica (*Dens*) referidas al área transversal ( $m^2$ ) de la agregación ( $NASC \cdot 100/m^2$ ), determinadas de acuerdo a:

$$NASC = 4 \cdot \pi \cdot (1852)^2 \cdot 10^{10} \cdot \overline{Sv} \cdot \text{Altura media}$$

$$\overline{Sv} = 10 \cdot \text{Log}(E) \text{ (dB)} \quad ; \quad E = \sum_{i=1}^N 10^{\frac{Sv_i}{10}}$$

La *altura media* se define como la altura promedio de todos los pulsos que conforman la agregación y se estima como:

$$\text{Altura media} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \dots \dots (m)$$



Siendo  $t_i$  la altura o espesor del pulso  $i$  y  $N$  número total de pulsos en la agregación.

- c) **Descriptores morfológicos:** Son extraídos directamente desde el ecograma donde se encuentran: la altura media ( $m$ ), ya definida, el área transversal ( $m^2$ ), el largo ( $m$ ) y el perímetro ( $m$ ).

El área de una agregación se obtiene asociando un rectángulo a cada muestra  $S$  con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegración. La superficie del rectángulo  $Se$  es calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente ( $d_j$ ) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior e por lo tanto:

$$Se = d_j * e$$

El área transversal de la agregación (*Área*) es el resultado de la suma del área de todos los rectángulos elementales:

$$Area = \frac{1}{\eta} * \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n S_{ij}$$

El largo de la agregación (*Largo*) y su perímetro (*Perim*) ambas medidas en metros. A partir de estos, se derivan otros descriptores de la agregación como:

La dimensión fractal (*DFrac*) empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación y que corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con un perímetro equivalente al de la agregación y la superficie de la agregación, donde un valor 1 representa un contorno suave y un valor 2 un contorno desigual o complejo, lo que se asociaría al grado de cohesión entre los peces que constituyen la agregación, especialmente en la frontera o borde de la agregación (Scalabrin, 1997).

$$DFrac = 2 * \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln Area}$$

La elongación (*Elon*) caracteriza la razón de aspecto de la agregación o relación entre el largo y el alto, donde valores elevados están asociados a agregaciones de forma elíptica y valores cercanos a uno, a agregaciones de tipo circular.

$$Elon = \frac{Largo}{Alto}$$

- c) **Descriptores batimétricos:** Se extraen del ecograma y corresponden a la profundidad del fondo ( $m$ ) y la profundidad media de agregaciones ( $m$ ), mientras que indirectamente se calculó



el índice de altura (*IndAlt*). Este índice es utilizado para medir la posición relativa del centro de la agregación en la columna de agua con respecto al fondo y se expresa en forma porcentual como:

$$IndAlt = 100 * \frac{(Prof. fondo - Prof. media)}{Prof. fondo}$$

- e) **Análisis de los datos:** Se realizó aplicando estadística descriptiva referida a valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para el total de los descriptores. Las agregaciones fueron analizadas considerando 3 subzonas: subzona 1 entre 43°30' y 44°29'S denominada Guafo; subzona 2 entre 44°30' y 45°29'S nombrada Guamblín; y subzona 3 entre 45°30' y 47°00'S llamada Taitao. Posteriormente, se realizó un análisis de acuerdo a rangos de 100 metros de profundidad del fondo, a fin de determinar si este factor influye en las características de las agregaciones. También se analizaron considerando las registradas en las zonas de cañones conocidos como cañón Ipún (44°10' S y 75° W), cañón Guamblín (45°15' S y 75°10' W) y cañón Taitao (46°18' S y 75°27' W) y nominados como 1, 2 y 3, respectivamente. La ocurrencia o no, de diferencias significativas en las características de las agregaciones de acuerdo al factor "zona de cañones" se realizó mediante un análisis de varianza (Adeva).

Toda la información obtenida por cada uno de los descriptores antes mencionados, fueron analizados mediante la aplicación de un análisis de componentes principales (APC), resumiendo de esta manera la información contenida en la matriz de datos, permitiendo una representación visual o geométrica de la información (Rencher, 1995) y preservando las características de la observación original. Las variables originales utilizadas fueron todos los descriptores determinados (y definidos anteriormente) de las agregaciones, aun cuando entre ellas pueda darse algún grado de multicolinealidad, lo cual es deseable dado que el objetivo es identificar series de variables interrelacionadas (Hair *et al.*, 1999).

Se redujo la dimensionalidad del problema obteniéndose variables o componentes principales que fueron expresadas como combinación lineal de las variables originales. Para el logro de lo anterior, se utilizó la matriz de correlaciones como matriz de entrada, dándole de esta forma la misma relevancia a todas las variables, desestimando de esta forma las unidades en que son trabajadas las diferentes variables. Para la determinación de los componentes principales y su interpretación, se aplicó el criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999).



## 5. RESULTADOS

### 5.1 Objetivo específico 1

Estimar el tamaño del stock total y desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, presentes en el área de estudio. **Sección Merluza de cola.**

#### 5.1.1 Sistema de ecointegración

El sistema de ecointegración del buque pesquero “Friosur VIII” (**Tabla 4**), fue calibrado en la bahía de Chacabuco (45°28,5'S - 72°49,5'O), para la frecuencia de 38 kHz, conectado con el software EK 60 versión 2.4.3. (**Tabla 5**). El modelo ajustado para las frecuencias calibradas muestra valores del cuadrado medio del error de, 0,15 dB. Los que son menores a los recomendados por el fabricante y el grupo de acústica de ICES de  $RMS < \sim 0,4$ , Corrección de  $S_A = \pm 0,5$  dB (Demer *et al.*, 2015; Simrad, 2008).

#### 5.1.2. Lances de identificación de ecotrazos

Durante esta etapa del crucero de evaluación, se realizaron 25 lances de pesca de identificación. La profundidad de trabajo de la red (relinga superior) varió entre 234 y 476 m de (**Tabla 6**). Para los efectos de identificación de ecotrazos, especies y toma de muestras biológicas, la unidad de muestreo fue el lance de pesca, obteniéndose en cada uno de ellos los datos de las distintas especies presentes en la captura.

Durante la realización de los lances de pesca, merluza de cola fue capturada en 24 de ellos y contribuyó con el 54,83% de la captura total, mientras que merluza del sur estuvo presente en 24 y merluza de tres aletas en 5 lances de identificación, representando el 42,37% (merluza del sur) y 0,55% (merluza de tres aletas) a la captura total. Estas tres especies contribuyeron con el 97,75% de la captura registrada en esta etapa del crucero, mientras que otras especies aportaron el 2,25% (**Tabla 7**).

#### 5.1.3 Análisis geoestadístico

En la **Tabla 8** y **Figura 6** se presentan los resultados del análisis geoestadístico de merluza de cola provenientes de los ajustes realizados mediante el método de Matheron (Matheron, 1971, Rivoirard *et al.*, 2000).

Los resultados indican variogramas estructurados, donde la dependencia espacial, alcanza a 26,3%. El promedio geoestadístico de los datos (media kriging) estimado con cualquiera de los dos ajustes aplicados (exponencial y esférico) presentan diferencias menores al 1% entre ellas, aunque el mejor ajuste (sse =38,29 menor variabilidad) se obtiene con un variograma de modelo esférico.



#### 5.1.4 Biomasa y abundancia.

En la **Tabla 9** se entregan los estimados de biomasa de merluza de cola. Por el método geoestadístico, la biomasa se estimó en 221.394 t (CV=5%) con un intervalo de confianza ( $\alpha=5\%$ ) entre 203.284 y 239.504 t. La fracción desovante representó el 66,0%, con 146.107 t.

Por el estimador bootstrap, la biomasa alcanzó a 191.527 t con un intervalo de confianza entre 176.096 y 206.957 t.

Con el método geoestadístico, la abundancia se estimó en 602.129.141 individuos (IC  $\alpha=5\%$ : 555.790.597 – 648.371.335) de los cuales 312.167.476 (52%) fueron machos y 289.961.665 (48%) hembras (**Tabla 10**). La fracción desovante representó el 25,1% del total con 151.216.427 individuos.

A través del método bootstrap, la abundancia se estimó en 521.398.899 (482.971.193 – 559.826.605) individuos.

#### 5.1.5 Distribución espacial y batimétrica.

La distribución espacial (**Figura 7**) muestra la presencia de merluza de cola en 80 % (2.649 mn<sup>2</sup>) de las 3.319 mn<sup>2</sup> prospectadas. La distribución espacial se caracterizó por un predominio de niveles de densidades medias y focos de mayor importancia relativa cercanos a los cañones de Guafo, Guablín, y a la cuadra de península Skyring, y sur del área de estudio, en la península de Taitao.

La posición media o centro de gravedad de la distribución del stock evaluado de la merluza de cola se localizó en la latitud 44°47,9'S, con una inercia latitudinal de 0,9°. Este centro de masa estuvo desplazado 4 mn hacia el norte, respecto al año anterior (Legua *et al.*, 2018) y se mantiene en el rango de valores de estudios previos (**Figura 8**).

Su distribución batimétrica abarcó desde los 104 m hasta 600 m con una profundidad media en 340 m. (**Figura 9**)

## 5.2 Objetivo específico 2

Determinar la composición demográfica de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas. **Sección merluza de cola.**

Para el presente análisis de estructura de tallas fueron medidos un total de 2.249 individuos de merluza cola, divididos en 1.076 machos y 1.173 hembras. El área con mayor número de ejemplares medidos fue Guablín con 844 peces, seguido de Guafo y Taitao (814 y 591 ejemplares, respectivamente); mientras, el cañón con mayor número de ejemplares medidos fue el Cañón Guablín (717 individuos), seguido del Cañón Taitao y Guafo (304 y 297 ejemplares, respectivamente); mientras que en sentido



batimétrico, la mayor cantidad de individuos proviene del rango de profundidad entre los 300 y 399 m (1.440 ejemplares).

### 5.2.1 Composición de tallas

La composición de la estructura de talla de merluza de cola en el área de estudio registró una importante moda de ejemplares juveniles entre los 30-49 cm; mientras los ejemplares adultos mayores a 54 cm registraron escasa presencia. Esta composición se caracterizó por una importante presencia de ejemplares juveniles con 67%, una talla media de 53 cm y una proporción sexual con leve predominio de los machos con 52% respecto de las hembras. Dada la condición de predominio de ejemplares juveniles, la estructura de talla de machos y hembras registraron similitud en sus distribuciones de tallas juveniles (**Figura 10**); no obstante, los machos registraron mayor presencia de la fracción juvenil (72%) respecto de distribución de las hembras (60% de ejemplares juveniles).

En sentido espacial la moda de ejemplares juveniles entre 30-49 cm se registró en toda el área de investigación, como fue posible registrar en las tres áreas analizadas en el estudio (**Figura 11**). El área Taitao fue donde se registró la mayor presencia de ejemplares juveniles con 96% de ejemplares menores a 55 cm. Las restantes dos áreas, Guafo y Guamblín, también registraron una importante presencia de juveniles (53% y 67%, respectivamente); sin embargo, ambas presentaron una mayor presencia de ejemplares adultos respecto del área Taitao. Dentro de las tres áreas, Guafo presentó una mayor presencia de ejemplares adultos con 47%.

La moda de ejemplares juveniles entre 30-49 cm también se registró en el área de los cañones y el área Fuera de los Cañones (**Figura 12**). El Cañón Taitao registró una distribución de talla con 100% de presencia de ejemplares juveniles, seguido del Cañón Guamblín con 70%. Excepto el Cañón Guafo con escasa presencia de juveniles (20%) y una importante presencia de adultos entre 65 y 89 cm, sumado al predominio de las hembras (56%) respecto de los machos (**Figura 12**).

En sentido batimétrico, la moda juvenil entre 30-49 cm fue homogénea en la columna de agua (**Figura 13**). La mayor presencia de juveniles se registró entre los 200-299 m de profundidad con 89%, seguido de los 400-499 m de profundidad con 73%; mientras, la mayor presencia de adultos se registró entre los 300-399 m de profundidad con 45%.

### 5.2.2 Distribución de talla del crucero 2018 respecto de los cruceros anteriores

La estructura de talla del año 2018 en el área de estudio registró un alto predominio de ejemplares juveniles, situación también observada a partir del año 2008 en adelante, excepto el año 2016 (**Figura 14 y 15**). Llama la atención que la moda de ejemplares juveniles del año 2018 entre 30-49 cm correspondería -posiblemente un año antes- a la principal moda juvenil entre 25-44 cm observada fuertemente en el año 2017.





En la serie histórica de los cruceros hidroacústicos de investigación del recurso es posible observar que a partir del año 2008 en adelante, se registró un cambio en la serie histórica de las distribuciones de tallas en merluza de cola (**Figura 14 y 15**), marcado con una mayor presencia de juveniles en las composiciones de tallas entre un 50% y 80%, junto con ello una caída en la proporción de las hembras entre 45%-55%; respecto a años anteriores (2001-2005), en donde la proporción de hembras era entre 60% y 70% en niveles inferiores. El año 2016 registró un aumento de la presencia de la fracción adulta respecto de los años anteriores (2013, 2014 y 2015), aspecto que hacía prever una mantención de esa posible tendencia; pero en los últimos dos años (2017 y 2018) la composición de talla registró un sentido opuesto, es decir una mayor presencia de juveniles de menor talla, aspecto registrado en toda el área de estudio y en la columna de agua.

### 5.2.3 Composición de la estructura de edades

La estructura de la abundancia de merluza de cola se caracteriza por la distribución de tallas obtenidos del muestreo al azar de los peces en los lances de pesca efectuados en la zona y su componente en peso está sustentado por las relaciones peso - longitud (**Tabla 11**) producto de los muestreos biológicos específicos realizados en el área de operación, señalando una bondad del ajuste representada por coeficientes de determinación entre 0,98-0,99.

Si se considera la serie de información correspondiente a los cruceros de evaluación 2001 - 2018, se aprecia que el peso teórico promedio a una determinada talla, varía de acuerdo a la condición que presenten los peces al momento de realizar el crucero de investigación (**Figura 16 A**).

Durante 2003 y 2004 en que los cruceros se realizaron en la tercera y cuarta semana de agosto los pesos a la talla son un poco menores siendo posible que ya se encuentren en un proceso de desove más avanzado o hacia su término. En general, para los últimos años, se ha observado una drástica disminución de los ejemplares con tallas sobre los 70 y 80 cm en machos y hembras respectivamente, por lo que se le debe asignar mayor importancia a la variación observada en las tallas inferiores a las mencionadas, las cuales cuentan con muestreo abundante.

Los parámetros de las relaciones peso - longitud de merluza de cola estimados con la información de los cruceros de investigación desde 2001 a 2018, presentan en sus parámetros una fluctuación que se manifiesta en el caso de los machos en un rango que abarca para "a" entre 0,0016 - 0,0068 y "b" entre 2,7678 - 3,1423 y para las hembras se presenta "a" entre 0,0009 - 0,0042 y "b" entre 2,8745 - 3,2724 (**Figura 16 B**), señalándose con marcadores sólidos los correspondientes al período 2018.

Menores pesos promedios a determinadas tallas promedios es un reflejo del estado de bienestar de los individuos y/o el estado de maduración /evacuación que presentan sus gónadas, en el período de prospección a la zona (agosto).

El peso promedio (ambos sexos) en el presente estudio corresponde a un valor de 368 g, valor algo superior al observado el año 2017 (302 g) y aún menor a lo registrado en los cruceros anteriores a 2008 en que el peso promedio podía estar alrededor de los 1.000 g (**Tabla 12**).



La biomasa estimada en los procesos fue 221.394 t y resultó ser un 24% menor a la estimada en el año 2017 (289.935 t). de igual modo, si se compara en número de ejemplares la abundancia actual (602.129.141 ejemplares) resulta ser un 37% más bajo que la registrada en 2017 (958.744.916 ejemplares), lo que indica que la componen individuos con peso promedio levemente mayor.

La abundancia está conformada por un 51,8% (312,2 millones) de machos y un 48,2% (290,0 millones) de hembras. Considerando los GE que aportan a la estructura etaria en fracción superior al 5%, se tiene que la abundancia de machos está conformada en 85% por cuatro grupos, GE III- VI, en donde principalmente destaca la participación del grupo modal GE III (53%), (ver figura en recuadro superior en **Tabla 13**). En hembras, la estructura la componen principalmente seis grupos que conforman el 84%, GE III - VIII, destacándose al igual que en los machos el GE III como moda principal (49%), **Tabla 14**.

### 5.2.3.1 Composición histórica de la estructura de edades

Al analizar la serie de estructura de edades histórica se aprecia que el stock desovante está constituido por edades jóvenes que distan bastante de los GE VII - X que eran la moda parental de desove en inicio de los años 2000. En los dos últimos años se sigue la clase anual 2015 de forma muy destacada, reflejándose en 2017 como grupo modal en GEII y en 2018 como GEIII, tanto en machos como en hembras.

Para ambos sexos, la estructura etaria del stock desovante 2018 estuvo sostenida mayoritariamente (84%) por cinco clases que comprendían los GE III a VII, con moda en el GE III (51%), **Tabla 15**, estructura ubicada en peces jóvenes, similar a lo registrado en el año anterior, pero con la moda desplazada a la derecha en un GE (**Figura 17**).

La estructura de edades que caracteriza el período del crucero presenta variaciones notables en el período 2000 a 2018, observándose un cambio en su estructura interna en los últimos años en donde se focaliza hacia las edades menores, llegando a estar desde 2008 a 2018, compuesta principalmente por grupos de edad muy jóvenes (**Figura 17**).

En lo correspondiente a esta última década, si bien el año 2010 eran cinco los GE que constituían la abundancia en un  $\approx 90\%$  (GE II a VI, con moda en el GE IV), en el año 2011 similar porcentaje lo constituyeron cuatro grupos de edad, concentrados en las edades jóvenes II a V y con moda en el GE III, lo que presenta el stock aún más deteriorado, considerando la ausencia de desovantes de las edades más adultas.

En el año 2012, el stock desovante si bien se encontraba constituido por GE de forma similar al año 2011, presenta una disminución de la abundancia (240 millones de ejemplares). En 2013, no obstante que la abundancia creció notablemente (428 millones de ejemplares), el soporte estuvo dado principalmente por grupos jóvenes que no se encuentran caracterizados como parte del grupo que desova ya que presentan importante fracción de ejemplares inmaduros.



En los años siguientes se sigue de forma importante el paso de la clase anual 2011 la cual se aprecia como GEII en 2013; pasa a ser grupo modal GE III en 2014, GE IV en 2015 y GEV en 2016. No así en 2017, en que se presenta un cambio drástico en la estructura dado que la presencia de peces con edades mayores a cuatro años es muy escasa.

En la serie histórica, **Figura 17**, se puede apreciar la constante presencia de grupos de edad mayores (aunque en reducido número) que sostienen la estructura de edades de hembras de cada año, situación que es normal de observar en este recurso en que se presenta diferenciación sexual en el crecimiento, registrando en las hembras mayores tallas y edades.

En general, se aprecia una disminución en la composición de edades del stock parental que se concentran en la época de desove. Si se considera los grupos de edad más adultos en ambos sexos, desde la edad nueve y superiores, se aprecia que en el período 2001 a 2005 constituían 25 - 35%, luego pasaron a representar una fracción muy baja durante 2008, aportando el 1% en la estructura por grupos de edad, en el 2009 representaron el 10% de la estructura parental del stock evaluado, desde 2010 al 2014 no sobrepasaron el 5%, desde 2015 a 2018 conformaron entre 7 a 8%, excepto en 2017 en que fueron muy escasos (3%). Por lo tanto a pesar de la alta presencia de juveniles en el stock desovante, la fracción de peces de edad nueve y mayores están presentes en la estructura etaria.

#### 5.2.4 Proporción sexual de la abundancia

La composición interna de la abundancia que se concentra en el área de desove no se presenta en proporciones similares de machos y hembras (m:h) a través del tiempo. Esta relación, número de individuos llevados a proporción o razón m:h, se entrega en la **Figura 18**, donde se puede observar a los machos representados como 1, y las hembras con el valor por bajo o sobre este, según se encuentren en menor o mayor número que los machos.

En el período 2000 – 2018, esta relación m:h fluctúa desde 1:0,32 hasta 1:1,85 y es frecuente observar que las hembras se presentan en mayor proporción que los machos. Durante 2018 el recurso se presentó en relación 1:0,9, por tanto se presentan en similar número machos y hembras, lo cual ocurre cuando la estructura etaria está sostenida mayormente por peces bastante jóvenes en que la diferenciación morfométrica sexual no es tan marcada.

En la **Figura 19** se presenta la abundancia de ambos recursos, separado por sexos. Existirían diferentes razones que motivan el desequilibrio que se manifiesta en que la tasa de presencia entre sexos 1:1 no se manifieste. En general, el sexo con tasa de crecimiento más lento tendrá más probabilidades de ser sometido a predación, con lo cual su abundancia decrece desproporcionadamente en las próximas fases de su desarrollo.



Adicionalmente si los machos difieren de las hembras, la talla media para pesquerías comerciales sería desplazada hacia una dirección resultando en capturas diferenciadas de un determinado sexo y modificando la composición sexual del stock.

### 5.2.5. Edad mediana de la abundancia

Si bien en la sección precedente se ha ilustrado el cambio de la estructura de edades, en esta sección se incluye la "edad mediana" que presentan los recursos al alcanzar el 50% de la abundancia, a fin de poder representar el comportamiento de esta en el transcurso del tiempo.

En merluza de cola, se observa en general, que la edad mediana es menor en machos que en hembras lo que avala la diferenciación sexual propia de estos recursos en donde los machos son de estructura etaria menor que las hembras y a su vez presentan menores frecuencias o no aparecen en los estratos de mayor longevidad.

Las edades medianas en la abundancia han fluctuado entre 1,7 y 7,2 años en machos y entre 1,8 y 8,1 años en hembras y se ha observado la caída de este parámetro. En el crucero de investigación del año 2013 habían manifestado una edad mediana de 2,5 y 2,7 para machos y hembras respectivamente, lo que las indicaba como las edades medianas menores observadas a esta fecha en el período con actividad de desove. En los años siguientes de 2014 a 2016 se presentó un alza moderada mostrando edades medianas entre 3 y 4 años, no obstante el año siguiente se registró una marcada presencia de juveniles en el stock presente en el período de desove registrando edades medianas cercanas a los dos años, siendo las más bajas de la serie 2000-2018. La marcada moda en peces jóvenes (GEII) en la estructura etaria 2017, se presenta en 2018 como GE III, destacándose como grupo modal y tiene asociada edad mediana de 2,9 para ambos sexos (**Figura 20**).

### 5.2.6 Edad y estados de madurez

Se presentan antecedentes de la fracción de peces maduros en relación a la edad observada, incluyendo los resultados de los cruceros de investigación realizados en similares condiciones y época del año (Lillo *et al.*, 2010 a 2017 y Legua *et al.*, 2018), junto a los resultados que entrega la información del presente crucero 2018.

Lo que se entrega a continuación corresponde a ajustes de curvas edad versus madurez procedente de observaciones macroscópicas de las gónadas. Se debe considerar que existe un alto grado de concordancia ( $\approx 90\%$ ) entre la clasificación de peces "maduros" o "inmaduros" de acuerdo a las estimaciones que se realiza mediante observación macroscópica y observación microscópica de las gónadas. Esto indica que la clasificación macroscópica es avalada por la clasificación microscópica/histológica en el rango de clasificación dicotómico de peces maduros e inmaduros. Lo anterior se refiere a hembras, ya que en machos no se realiza estudio histológico de las gónadas.



Si bien se tiende a pensar que las especies iteróparas, después de llegar a su estado de primera madurez y completar su primer desove, presentarían desoves secuenciales anuales, se ha observado en diferentes especies la característica de saltarse el desove entre años consecutivos causado por ciertas deficiencias que experimenta el pez en su estado nutricional. Este y otros factores pudiesen conformar parte de las limitantes de los estudios y pudiese reflejarse en ocasionar una calificación del estado de madurez de forma errónea, los cuales son aspectos que se continúan estudiando en el tiempo.

Se presenta una secuencia de la serie histórica de las estimaciones efectuadas en base a la edad y madurez macroscópica a la cual el 50% de los ejemplares están maduros (**Tabla 16, Figura 21**). Se incluye un año que hace referencia a la fase de inicio de este tipo de cruceros de investigación (año 2002), de donde se poseen estudios de edad para ser relacionados a los estados de madurez de los ejemplares en los cruceros de investigación del período 2007 a 2018.

#### Año 2002

La clasificación de las edades junto con los estados de madurez que presentaban los peces indica que para machos el  $GE_{50\%}$  fue GE III y en hembras la madurez al 50% correspondió al GE IV, **Figura 21, Tabla 16**.

#### Período 2007 - 2018

Si bien los machos están conformados por estructuras de edades de menor amplitud, lo que los hace recibir el efecto de la extracción de forma diferente a las hembras, presentan la característica que favorece el recurso en cuanto a su etapa de maduración a corta edad, lo cual puede apreciarse en la información de edad analizada para la evaluación del recurso 2007 - 2018, en que el 50% de los machos estaba maduro en las edades 2 a 4 según el año de estudio. Para el 2018 el  $GE_{50\%}$  se presentó en el GE II. Las hembras en cambio alcanzan la fracción de maduras en 50% en las edades 3 a 5, ubicándose  $GE_{50\%}$  en GEIII, para el presente año. (**Figura 21, Tabla 16**).

Si bien la estructura etaria del stock desovante en la serie estudiada ha manifestado importantes cambios, los más relevantes se presentaron en 2008 y 2017, ambos caracterizados por una fuerte conformación en peces más jóvenes. Esto produjo en 2008 una fracción de 68% y 83% de peces inmaduros en machos y hembras respectivamente y en 2017 88% y 79% de peces inmaduros machos y hembras.

La abundancia de stock parental que corresponde a peces maduros se presentó para 2018, a pesar de estar constituida por peces jóvenes, ellos se caracterizaron por estar principalmente maduros, presentando una fracción de 99,5% para machos ( $\geq GE_{50\%}$  II) y 95,0% de hembras ( $\geq GE_{50\%}$  III) en el período de desove, correspondiente al desarrollo del crucero de investigación.

Una visión general de las funciones de madurez estimadas para el período estudiado se presenta en la **Figura 22**. Se aprecia la amplitud de edades en que varía el parámetro  $GE_{50\%}$ , siendo en machos entre la edad 2,3 a 4,2 y en hembras 2,9 a 5,0. En el año 2018 se presentó la madurez del 50% de los ejemplares en grupos de edades bastante jóvenes y el éxito de su potencial descendencia dependerá



tanto de las características de sus progenitores jóvenes principalmente en este caso, como de las características medioambientales que les acompañen en su primeras etapas de vida, desde su nacimiento, crecimiento temprano, etapa juvenil hasta que puedan repetir el ciclo de sus padres y presentarse en el área de concentración para el desove.

### 5.3 Objetivo específico 3

Caracterizar la actividad reproductiva de los stocks evaluados de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación.  
**Sección Merluza de cola.**

#### 5.3.1 Estadios de madurez sexual (EMS)

El análisis de los estadios de madurez sexual mostró que las hembras inmaduras (EMS 1 y 2) correspondieron al 21% del total de hembras, un 56% a los ejemplares en maduración, 22% a las maduras y solo el 1% a hembras desovadas, lo que indica que en el período de muestreo una parte de la población estaba en preparación para el desove (**Figura 23**).

Los estadios de madurez de acuerdo a la longitud total de las hembras mostraron que, las hembras en maduración estuvieron representadas a partir del grupo de longitud de 30 a 39 cm LT, en donde también se encontraron hembras inmaduras. La presencia de hembras inmaduras se observó hasta en el grupo de 80 - 89 cm LT (**Figura 24**).

#### 5.3.2 Análisis histológico de las gónadas

El análisis histológico de las muestras permitió comparar los resultados obtenidos mediante la observación microscópica y así obtener una clasificación de estadio de madurez más certera. Se evaluaron por esta metodología muestras representativas de los diferentes estadios de desarrollo gonadal para ambas especies y además se seleccionaron muestras que presentaron características que complicaban su clasificación. De acuerdo a esto, entre las muestras analizadas mediante esta técnica se incluyó ejemplares que presentaran longitudes cercanas a la talla media de madurez sexual y se enfatizó el análisis en el reconocimiento de hembras inmaduras reincidentes presentes en el muestreo.

La clasificación por estadios se realizó según la escala de madurez que se muestra en la **Tabla 2**, que ha sido aplicada para determinar el grado de madurez ovárica en peces teleósteos, siendo aplicable a merluza de cola teniendo la consideración de que no presenta un desove parcelado. Se muestran casos representativos de los estadios virginales, parcialmente vitelado, vitelado, migrante y post desove (**Figuras 25, 26 y 27**).

#### 5.3.3 Índice gonadosomático (IGS)



Para el cálculo del IGS se utilizaron los pesos de las gónadas obtenidos en el laboratorio como también el registro de pesos gonadales tomado en terreno, siendo ambos valores similares, con un valor de  $R^2$  de 0,98 para la regresión entre el peso gonadal en el buque y en el laboratorio (**Figura 28**).

El IGS en merluza de cola alcanzó un valor promedio ( $\pm$  desviación estándar) de  $7,55 \pm 5,2$  con valores individuales extremos de 0,02 y 26,27. Al analizar la forma en que afecta el estado reproductivo de las hembras de merluza de cola en los valores del IGS, se observó que los peces con gónadas inmaduras (EMS 1 y 2) sólo alcanzaron un valor promedio de 0,35 del IGS (**Figura 29**). En cambio, en el EMS 4 el IGS aumentó a 13,3 para luego descender en las hembras que ya desovaron a un valor de 0,8. Al aplicar un Análisis de Varianza (ANOVA) a las distribuciones, se obtuvieron diferencias significativas entre los valores del IGS para los distintos EMS ( $F=325,0$ ;  $gl = 583$ ;  $p=0,0000$ ). El test post hoc de Tuckey HSD señaló que estas diferencias no eran significativas al comparar entre los EMS 1,2 y 5, en cambio si existían diferencias significativas de los EMS 3 y 4 entre sí y con los demás EMS.

Al analizar los datos separados en grupos arbitrarios de longitud total, se observó que el IGS presentó un valor bajo en el primer grupo de longitud (20-29 cm), igual a 0,02. Mostrando luego un aumento brusco del IGS con un valor promedio de 5,9 en el grupo de 30 – 39 cm hasta alcanzar un valor de 12,4 a los 90 - 99 cm LT (**Figura 29**). Al aplicar un ANOVA a la distribución de los valores del IGS de acuerdo a los grupos de LT, se observaron diferencias significativas ( $F=24,93$ ;  $gl = 578$ ;  $p= 0,0000$ ). De acuerdo al test post hoc de Tuckey HSD, no se encontraron diferencias significativas entre los tres primeros grupos de longitud, como tampoco entre los grupos de LT desde los 70 - 79 cm hasta el grupo 100 – 109 cm.

### 5.3.4 Índices de la actividad reproductiva

Para detectar las variaciones en la actividad reproductiva de hembras adultas de merluza de cola (EMS 3,4 y 5) en una pequeña escala de tiempo, se analizaron los datos de EMS y IGS agrupados en periodos de 5 días, considerando los lances diarios realizados durante la prospección. Los índices de actividad reproductiva mostraron que la prospección realizada entre el 5 y 19 de agosto se realizó en plena época de desove (**Tabla 17**), encontrándose la mayor cantidad de hembras maduras en el periodo final (entre el 15 y 19 de agosto) lo que coincide con el valor de IGS más alto de 12,08.

### 5.3.5 Talla media y edad media de madurez sexual.

Para estimar la talla media, se trabajó con un rango de datos de longitudes entre 26 y 118 cm, el ajuste de la ojiva de madurez con base en un modelo lineal generalizado, obteniéndose una talla media de madurez de 36,3 cm LT, con límites de confianza del 95% de 35,9 y 36,6 cm LT ( $b_0= -3.6369$ ;  $b_1= 0.1003$ ; suma de los cuadrados residuales = 1.522; error estándar residual = 0.1406 con 77g.l.).

En la **Tabla 18** se presenta la proporción de individuos maduros a la talla con los límites de confianza respectivos, y en la **Figura 30** se grafica la distribución de los datos alrededor de la ojiva de madurez, en la que se puede apreciar mayor variabilidad entre las tallas 36 y 47 cm LT, dicha variabilidad se ha



podido observar en años anteriores en rangos de talla mayores a los observados en el presente estudio y ha sido atribuida a la composición de tallas de los ejemplares presentes en el área de desove.

Otro aspecto a considerar respecto a madurez en merluza de cola ha sido la observación de gónadas que podrían corresponder a un estado en reposo o “resting”, una de las categorías del proceso denominado “skippedspawning” (Rideout *et al.*, 2000), lo que implicaría que algunas hembras estudiadas no desovarían en la temporada de desove de estudio, aunque se hayan encontrado en la zona mientras ocurre este proceso. Al respecto se presenta en la **Figura 31** y en la **Tabla 19** la proporción de hembras en que esto se ha podido observar respecto del total de las hembras maduras analizadas durante los últimos 4 años.

Además, se realizó una estimación de la talla de primera madurez sexual con base en el incremento relativo del IGS (IR.IGS) obteniéndose un valor máximo a los 35 cm LT (**Figura 32**). Este valor es inferior en comparación con estimaciones realizadas en años anteriores mediante la misma metodología (**Tabla 20**).

Para la estimación de la edad media de madurez, se probó un ajuste al modelo lineal generalizado mediante el cual se estimó la edad media en el grupo de edad 2,6 ( $b_0 = -4.122$ ;  $b_1 = 1.594$ ). (**Tabla 21**).

Los resultados obtenidos en la estimación de  $GE_{50\%}$ , corresponden a un parámetro que no presenta tendencia y que sólo representa al stock desovante. Los valores muestran que el análisis por el método microscópico es menor en relación al macroscópico, señal que indica que esta forma de análisis es más precisa al permitir observar condiciones en la gónada que no se aprecian a simple vista.

### 5.3.6 Fecundidad

La estimación de la fecundidad se realizó considerando el análisis de las gónadas y de los ovocitos presentes en éstas, tras la observación al microscopio de cada una de las muestras recibidas. Teniendo en consideración esto, fueron excluidas de la estimación aquellas gónadas maduras que presentaran señales de que el proceso de desove ya se había iniciado al momento del lance, descartándose aquellas que presentaran ovocitos hidratados. Cumpliendo con estas condiciones, la estimación de fecundidad se obtuvo seleccionando 102 muestras de hembras maduras.

El ajuste que mejor representó la relación entre las variables fecundidad versus peso corporal fue un ajuste potencial obteniéndose un  $R^2$  igual a 0,97, para la relación entre fecundidad y longitud el mejor ajuste también fue un modelo potencial con un  $R^2$  de 0,96 (**Figura 33**). La estimación de la fecundidad modal promedio  $\pm$  la desviación estándar fue  $871.305 \pm 767.901$  y la fecundidad media del total de las hembras maduras de la muestra fue  $613.746 \pm 550.319$ . En cuanto a la fecundidad relativa, equivalente al número de ovocitos por gramo de peso corporal, fue estimada en  $647 \pm 120$  ovocitos.

En comparación con los valores presentados en la **Tabla 22**, que resume las estimaciones de fecundidad obtenidas en estudios previos, el valor de fecundidad modal promedio que se obtuvo este año es mayor a los anteriores.





No obstante, la escasa variabilidad de los resultados obtenidos entre estimados de fecundidad, en términos relativos, se considera que la fecundidad media del total de la muestra es de mayor representatividad, ya que se incluye un número mayor de observaciones y en general, un rango mayor de tallas. Respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio, se pudo apreciar un aumento tanto en el valor obtenido para la fecundidad promedio como para la fecundidad media del total de las hembras maduras de la muestra, en comparación con los años anteriores.

## 5.4 Objetivo específico 4

Caracterizar la fauna acompañante de la merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a partir de los datos obtenidos en los lances de identificación, en el área y período de estudio. **Sección Merluza de cola.**

### 5.4.1. Distribución batimétrica y espacial

Durante el crucero fueron capturadas e identificadas un total de 13 especies. La fauna presente en la zona de estudio está compuesta, principalmente, por dos especies: merluza del sur y merluza de cola. Ambas especies representaron un 98% de la captura obtenida en la zona, seguidas en importancia por merluza de tres aletas y congrio dorado, (**Figura 34**). Otras especies estuvieron presentes en muy baja proporción, representando menos del 1% de la captura total obtenida durante el crucero. La fauna acompañante de merluza de cola, durante el crucero estuvo compuesta en 94,9% por merluza del sur (**Figura 35**).

Según la división del área de estudio, merluza de cola y merluza del sur, son las principales especies presentes en cada una de las subzonas, en la subzona 1 se observó una alta presencia de merluza de cola (82,1%), por sobre la merluza del sur (15,6%), en cambio para las subzonas 2 y 3 la participación de estas dos especies es similar, con valores que bordean el 49,0%, para cada una de ellas. Por otro lado, merluza de tres aletas estuvo escasamente representada en las tres subzonas (**Figura 36a**). En cuanto a otras especies de la fauna acompañante, se observa una situación similar, con merluza del sur como principal componente de la fauna de merluza de cola, con aportes superiores a 95% en todas las subzonas, y otras especies con aportes menores al 1% (**Figura 36b**).

En la zona de estudio, la profundidad media de distribución estuvo en torno a 336 m. El rango de distribución batimétrico varió entre 269 y 476 m. Merluza del sur se localizó a una profundidad media de 360 m, mientras que su fauna acompañante tuvo como profundidad media de distribución los 370 m (**Figura 37**). La distribución latitudinal de merluza de cola está asociada a toda la zona de estudio, aumentando su presencia a partir de los 44° de latitud sur, condición que también se hace presente en merluza del sur (**Figura 38**). Otras especies como congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y jibia también tienden a una distribución homogénea en toda la zona de estudio, mientras que otras especies recurrentes de la fauna como: merluza de tres aletas y brótula, presentan



un patrón de distribución latitudinal que las localiza, preferentemente, al sur de la latitud 45°S (**Figura 38**).

#### 5.4.2 Parámetros comunitarios

La identificación de asociaciones faunísticas en la zona se llevó a cabo por medio de técnicas multivariadas, a saber: análisis de clasificación por conglomerados (*cluster analysis*) y de ordenación (*NMDS*). Ambas técnicas trabajan sobre una matriz de abundancia relativa de las especies más representativas, en términos de la ocurrencia de éstas en los cruceros efectuados desde el año 2000 al 2017. En los análisis las especies se agruparon por: cruceros, cruceros-subzonas y cruceros- veril de profundidad.

##### a) Cruceros

El análisis de clasificación identifica tres grupos con niveles de similitud superiores a 65% (**Figura 39**). El grupo 1 contiene solo el crucero realizado durante el año 2003. El grupo 2 está formado por los cruceros realizados durante los años 2000, 2001, 2002, 2007, y 2012. El grupo 3 contiene los cruceros realizados en los años 2004 a 2005 y los efectuados entre 2008 y 2018, a excepción del año 2012. El análisis de ordenación muestra concordancia en la formación de estos grupos, al mismo tiempo, que se observa el alto grado de similitud que existe entre cada una de las diferentes entidades (**Figura 40a**). Desde el punto de vista de la fauna asociada a los conglomerados, se observa que los conglomerados principales, 2 y 3, están caracterizados por peces. Merluza del sur y merluza de cola tienen presencia significativa en el grupo 2, como también la presencia de otros peces como congrio dorado (*Genypterus blacodes*), brótula (*Salilota australis*), tollo pajarito (*Deania calcea*), individuos que presentan un comportamiento demersal, distinto a lo observado en el grupo 3, en donde se observa para los años desde 2004 en adelante una mayor asociación con reineta y jurel, y jibia, individuos de un claro comportamiento pelágico, lo cual podría indicar una distribución más superficial dentro de la columna de agua. (**Figura 40b**).

##### b) Cruceros-Subzonas

El resultado gráfico del análisis por clasificación identifica tres grupos con niveles de similitud superiores a 60%. Los grupos 2 y 3 son similares respecto de su distribución espacial, ya que latitudinalmente se localizan en toda la zona de estudio desde 43°30'S hasta 47°00'S, mientras que el grupo 1, el de menor tamaño, presenta una distribución espacial restringida y acotada al extremo sur del área de estudio entre 45°30'S a 47°00'S, lo que espacialmente corresponde con la subzona de Taitao (**Figura 41**). El análisis de ordenación muestra la equivalencia que existe en la formación de los tres conglomerados, en cuanto su, continuidad espacial y niveles de similitud (**Figura 42a**). La fauna que integra los conglomerados 1 y 2 está caracterizada por tener incidencia significativa de especies como reineta, jibia, cojinobas y brótula, mientras que en el grupo 3 la presencia de merluza del sur y merluza de cola es significativa, respecto de las otras especies (**Figura 42b**).

##### c) Cruceros-Veril



El análisis de clasificación discrimina tres grupos con similitudes superiores a 50%. La distribución batimétrica indica que los grupos 1 y 2 se localizan entre los 200 m hasta profundidades mayores de 400 m, mientras que el grupo 3 se ubica a profundidades mayores de 400 m, preferentemente (**Figura 43**). El análisis de ordenación da una mejor visión del nivel de similitud que existe entre los conglomerados (**Figura 44a**). La fauna que caracteriza los conglomerados, indica que las especies se distribuyen en todo el rango de profundidad. Sin embargo, es posible diferenciar dos grupos de especies, uno que se localiza con mayor frecuencia a profundidades mayores de 200 m, como: merluza del sur, merluza de cola, congrio dorado y brótula, y un segundo grupo que lo componen especies que se asocian más a profundidades que están en torno a los 200 m e inferiores, destacan: reineta y la jibia, similar a lo observado en el análisis por subzonas. (**Figura 45b**).

## 5.5 Objetivo específico 5

Caracterizar la composición alimentaria de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en el área de estudio. **Sección Merluza de cola.**

### 5.5.1 Análisis de Contenido Estomacal (ACE)

Se analizó un total de 507 estómagos, de los cuales 66 presentaron algún tipo de contenido (13,02%), y solo 441 se observaron vacíos (**Tabla 23**), siendo un valor extremadamente bajo en relación a lo observado en años anteriores. En los estómagos de merluza de cola se encontraron 8 taxa, divididos en 5 grupos funcionales (**Tabla 24**).

De la **Tabla 25**, se desprende la dieta general de *Macruronus magellanicus* a través de su contenido estomacal. Es así que la merluza de cola basó su alimentación en los peces meso pelágicos con un 45,79% PSIRI. Le siguen en importancia, los camarones (23,1%) y los peces mictófidios (18,75%) (**Figura 45**). En cuanto al desglose de los estratos, hembras y machos basan su alimentación en los peces meso pelágicos con 43,68% y 58,49% respectivamente, lo cual corrobora el test estadístico Mann-Whitney ( $W=30$ ;  $p=0,676$ ).

Existen diferencias entre los tamaños de la merluza de cola, donde los peces mictófidios fueron el ítem de mayor importancia con 43,53% para G1, mientras que para G2, fueron los peces meso pelágicos 51,64%. Sin embargo, a pesar de tener estas diferencias y, al igual que en los sexos, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $W=27,5$ ;  $p=1,000$ ) (**Figuras 46 y 47**).

### 5.5.2 Análisis de Isótopos Estables (AIE)

Los valores para las merluzas y sus presas están resumidos en la **Tabla 26**. De esta se desprende que la merluza de cola presentó un valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$   $-16,68 \pm 1,6$  y de  $\delta^{15}\text{N}$   $16,71 \pm 2,3$ . En tanto la parte exterior del lente presentó un valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$   $-16,2 \pm 0,7$  y de  $\delta^{15}\text{N}$   $16,45.18 \pm$



1,8. El análisis de ANOVA mostró que no existen diferencias significativas entre los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y de  $\delta^{15}\text{N}$  en la parte exterior del ojo y los tejidos musculares de la merluza de cola por lo que los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  del lente se validarían por los mismos tejidos musculares (ANOVA;  $\delta^{13}\text{C}$  F=4,58 p=0,365 -  $\delta^{15}\text{N}$  F=3,38 p=0,133).

La **Figura 48** está representado el ecosistema estudiado, se observa una evidente linealidad del sistema depredador-presa. Este ecosistema es un sistema meso pelágico con un “loop” de aporte de la zona meso pelágica a la dieta de la merluza de cola, ratificándose el comportamiento alimenticio meso pelágico de la merluza de cola, sin embargo, las partes internas del lente que corresponden a la porción más juvenil del individuo, estarían reflejando un comportamiento a mayor profundidad o bien un desplazamiento desde la zona de aguas interiores. En tanto, el aporte proteico a través de los años y de las distintas capas, es sumamente estocástico fluctuando entre los  $\delta^{15}\text{N}$  13 y 22 ‰.

Los análisis de inferencia bayesiana ratifican la importancia de los peces en la dieta de la merluza de cola (**Tabla 27**). En términos generales los peces meso pelágicos aportan en la dieta un 50%, pero también los camarones y peces mictófididos aparecen como potenciales presas (**Figura 49 y 50**).

El análisis a través de las capas del lente del ojo, revela que existe alguna diferenciación en la tasa de ingesta alimenticia de la merluza de cola. En Y1 el aporte de los mictófididos es notablemente mayor con 44%, mientras que en Y2 y Y3 es menor al 1% (**Figura 51**).

Aún cuando se observaron diferencias en el ítem mictófididos, los peces meso pelágicos siguen siendo parte importante de la dieta de la merluza de cola, y al parecer es esa la razón por la cual no existieron diferencias significativas entre las distintas capas del lente de la merluza de cola (PERMANOVA; F=2,77, p=0,073),

## 5.6 Objetivo específico 6.

*Caracterizar las agregaciones de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, registradas acústicamente en el área de estudio. **Sección merluza de cola.***

### 5.6.1 Resultados generales descriptivos

Se analizaron un total de 271 agregaciones de merluza de cola y merluza del sur, las cuales son estudiadas en conjunto. En la **Tabla 28**, se entregan los estadísticos estimados de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones registradas durante el crucero.

#### 5.6.1.1 Descriptores morfológicos

Los resultados de los descriptores de forma de las agregaciones registradas en el área de estudio (**Tabla 28**) muestran una fuerte variabilidad expresada en coeficientes de variación superiores al 1% en los descriptores largo, elongación, perímetro y área, con la excepción de los descriptores alto y



dimensión fractal que presenta la menor variabilidad con un 0,08%. El largo medio de las agregaciones fue de 867,2 m comprendido en el rango 11 a 11.761 m (CV = 1,34) y una altura media de 9,3 m con un CV = 0,71%, lo que resulta en una elongación media de 284 descriptor que presenta la mayor variabilidad con un CV = 6,14%. Los valores medios del perímetro y del área fueron de 13.627 m y 10.503 m<sup>2</sup>, respectivamente, lo que se ve reflejado en un valor medio de la dimensión fractal de 1,8 (CV = 0,08%).

### 5.6.1.2 Descriptores batimétricos

La profundidad media en que se ubicaron las agregaciones fue de 321 m (CV = 0,31), distribuyéndose en la columna de agua entre los 110 y 567 m de profundidad. La profundidad del fondo varió entre 126 y 785 m, con promedio en 416 m (CV= 0,35). El descriptor Índice de altura, que permite ubicar las agregaciones con respecto al fondo registró en promedio un 18,6% (CV = 1,01), variando la distancia de las agregaciones al fondo entre un 0,02% y 69,82% de la profundidad del fondo, siendo los valores más altos asociados a los mayores rangos batimétricos (**Tabla 28**).

### 5.6.1.3 Descriptores de energía

Estos indicadores presentan una alta variabilidad expresados en coeficientes de variación superiores a 1. Los valores de NASC de las agregaciones fluctuaron entre 90 y 92.600 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> con un valor medio de 2.398 m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup> (CV=3,35), mientras que la densidad acústica obtenida como una medida de estandarización de la energía retrodispersada de las agregaciones respecto a su área, varió entre 2,6 y 959,5 con un promedio de 43,7 NASC\*100/m<sup>2</sup> (CV=2,60) (**Tabla 28**).

## 5.6.2 Resultados de los descriptores según cañones y zonas históricas.

### 5.6.2.1 Zona de cañones

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las 271 agregaciones detectadas y separadas en dos zonas “dentro de cañones” y “fuera de cañones” se entrega en la **Tabla 29**.

La **Figura 52** muestra el valor promedio y desviación estándar de los estimadores. Los valores medios de los descriptores morfológicos largo, alto perímetro y área son todos mayores en la zona dentro de cañones a excepción de la elongación que es menor y de la dimensión fractal que es igual en ambos casos. En los batimétricos el valor medio de la profundidad de la agregación es menor dentro de los cañones, mientras que la profundidad del fondo es mayor lo que se refleja en un valor medio del índice de altura mayor dentro de los cañones, mientras que el NASC es mayor en esta zona y la densidad es mayor en la zona fuera de cañones.



La **Tabla 30** entrega los resultados de la ANDEVA al analizar las agregaciones según su ubicación en las zonas “dentro de cañones” y “fuera de cañones”. Dentro de los descriptores morfológicos las variables largo, alto, perímetro, área y dimensión fractal presentan diferencias significativas dentro y fuera de los cañones rechazando la hipótesis de igualdad, no así el descriptor elongación que acepta la hipótesis de igualdad de esta variable en ambos casos. Para los descriptores batimétricos profundidad del fondo e índice de altura se rechaza la hipótesis de igualdad, mientras que la profundidad de la agregación acepta  $H_0$ , lo que indica que no hay diferencias significativas de este descriptor tanto dentro como fuera de los cañones. Por otro lado, ambos descriptores de energía rechazan la hipótesis de igualdad ( $H_0$ ), lo que significa que presentan diferencias estadísticas significativas dentro y fuera de los cañones. (**Figura 52**).

Los resultados obtenidos al analizar las agregaciones registradas en los cañones 1, 2 y 3, se presentan en la **Tabla 31** y **Figura 53**. Los valores medios de los descriptores morfológicos largo, elongación, perímetro y área son marcadamente mayores en el cañón 1 (Ipún), mientras que el alto es mayor en el cañón 2 (Guamblin) siendo la dimensión fractal similar en los 3 cañones. Los descriptores batimétricos se observan similares entre el cañón Ipún y el cañón 3 (Taitao) mientras que los menores valores medios se observan en el cañón Guamblin. En relación a los descriptores de energía los mayores valores medios se registran en el cañón 1, seguido del cañón 3.

El resultado de comparar estadísticamente, los valores por cañón, se entrega en la **Tabla 32**, de ésta se desprende que los descriptores morfológicos elongación, perímetro y área, no presentan diferencias significativas entre cañones no así los descriptores largo, alto y dimensión fractal que rechazan la hipótesis de igualdad. Las variables batimétricas igualmente presentan diferencias significativas entre cañones. En relación a los descriptores de energía ambos aceptan la hipótesis de igualdad, lo que significa que entre cañones no hay diferencias significativas de estos descriptores.

### 5.6.2.2 Sub-división latitudinal

El análisis latitudinal aplicado históricamente en el área de estudio consta de tres subzonas y en cada una de ellas se encuentra un cañón, siendo respectivos en la numeración.

Zona	Límite latitudinal
1	42°00' S - 44°29' S
2	44°30' S - 45°29' S
3	45°30' S - 47°29' S

Los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas y separadas por zonas se entregan en la **Tabla 33** y **Figura 54**, destacando la alta variabilidad observada en cada una de las zonas, principalmente en los descriptores largo, elongación, perímetro, área y ambos descriptores de energía. Los mayores valores medios morfológicos se registran en la zona 1, siendo similares entre sí en las otras zonas. Los batimétricos se observan mayores en la zona 3, pero con rangos que no difieren mayormente con las otras zonas.



Para los descriptores de energía se observa que en la zona 1 los valores medios son marcadamente mayores en comparación a las otras zonas.

El análisis de ANDEVA estableció que de los descriptores morfológicos solo las variables elongación y área aceptan la hipótesis de igualdad lo que indica que estos descriptores no presentan diferencias significativas entre zonas. En el caso de los descriptores batimétricos, la profundidad de la agregación acepta  $H_0$  y en el caso de los descriptores de energía, ambos aceptan la hipótesis de igualdad que indica que no hay diferencias entre zonas (**Tabla 34**).

### 5.6.2.3 Sub-división según profundidad del fondo

La **Tabla 35** entrega los resultados de los valores promedios, máximos, mínimos y CV de los descriptores para las agregaciones detectadas según rango de fondo. El rango 400-499 m es donde se registran los mayores valores medios de los descriptores morfológicos, asociados a una profundidad media de las agregaciones de 377,3 m y a un índice de altura de 15,1%. Los descriptores de energía presentaron los valores medios más altos en el rango 200-299 m (NASC) y en 400-499 m (Densidad).

El resultado del análisis de varianza (**Tabla 36**) muestra que solo los descriptores dimensión fractal, profundidad de la agregación, fondo e índice de altura presentaron diferencias significativas entre rangos de fondo, lo que indica que no aceptan la hipótesis de igualdad. Mientras que todos los demás descriptores aceptan  $H_0$ , es decir, estadísticamente no hay diferencias de ellos entre los distintos rangos de profundidad del fondo (**Figura 55**).

### 5.6.3 Análisis de componentes principales (ACP)

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar el grado de asociación entre los distintos descriptores. La matriz de correlaciones entre las variables originales se entrega en la **Tabla 37** en donde se aprecia que las asociaciones más fuertes se presentan entre las variables área-perímetro ( $r=0,948$ ), largo-perímetro ( $r=0,919$ ), largo-área ( $r=0,880$ ), fondo-índice altura ( $r=0,604$ ), dimensión fractal-elongación ( $r=0,579$ ), profundidad agregación-fondo ( $r=0,563$ ), alto-área ( $r=0,518$ ) y NASC-área ( $r=0,506$ ).

Posterior a una aplicación exploratoria del ACP, donde se combinan diferentes variables originales como activas, se logró una combinación que califica como meritoria según la medida de suficiencia de muestreo (MSA) y con una buena explicación de la varianza. Esto se logró con la exclusión de la variable densidad, la que no presentó buenas correlaciones con el resto de los descriptores, siendo su mayor asociación con índice de altura ( $r = -0,249$ ). La nueva combinación alcanzó un valor del índice de Kaiser ( $KMO = 0,515$ ) y un 84,6% de explicación de la variabilidad total.

De acuerdo al criterio de selección de Kaiser, el cual califica a los componentes principales cuyo valor propio es mayor al valor propio promedio de todos los componentes (Vivanco, 1999), se seleccionaron los cuatro primeros componentes que cumplen tal condición, los cuales explicaron en conjunto el 84,6% de la variabilidad total. La **Tabla 38** entrega los valores propios y la proporción de la variabilidad



explicada, total y acumulada por cada uno de los diez componentes. La **Tabla 42** entrega los valores de las correlaciones de las variables originales con los componentes principales.

El primer componente, denominado morfométrico, presenta un valor propio de 3,595 que explica el 35,9% de la variabilidad total y que asocia principalmente ( $>0,60$ ) a las agregaciones de mayor tamaño con valores mayores de área, perímetro, largo, alto y NASC. El segundo componente principal con valor propio igual a 2,124 el cual explica el 21,1% de la variabilidad, denominado componente energético, asocia con mejor correlación ( $> 0,6$ ) al descriptor dimensión fractal con elongación y con profundidad del fondo. El tercer componente principal con valor propio 1,719 y el 17,1% de explicación de la variabilidad total, presenta una baja correlación en casi todos los descriptores ( $< 0,4$ ) siendo los batimétricos fondo e índice de altura los de mayor correlación ( $>0,721$ ). El cuarto componente con valor propio de 1,038 y 10,4% de la variabilidad explicada, asocia principalmente ( $>0,4$ ) a las agregaciones de mayor elongación, con mayor índice de altura y asociadas inversamente a la profundidad de la agregación.

En la **Figura 56** se muestra la representación gráfica de los dos componentes principales, apreciándose que las agregaciones asociadas al componente 1 presentan la característica de tener un valor alto de área, asociado a valores mayores del perímetro, del largo, de la energía retrodispersada (NASC) y del alto y que se ubican en sectores poco profundos y cercanos a este. El segundo componente presenta como característica agrupaciones con contorno suave ubicadas en zonas de mayor profundidad y más alejadas del fondo, con niveles de área menores y bajo valores de NASC.

#### 5.6.4 Resultados serie 2007-2018

Al comparar los resultados históricos de las características de las agregaciones de estas especies, se observa, en el periodo considerado que el largo alcanza el máximo histórico el 2008, disminuyendo posteriormente hasta el 2011 para posteriormente aumentar al año siguiente alcanzando el segundo mayor valor en la serie, a partir de este año la tendencia es a la disminución lo que se observa claramente en el último año en donde se registra el menor valor del periodo analizado.

El descriptor alto presenta dos máximos que ocurren en los años 2008 y 2013, para posterior a este año registrarse una disminución en el valor de este descriptor hasta alcanzar el mínimo de la serie en el año 2018. La elongación tiene aumentos y disminuciones entre 2007 y 2013, para luego observarse una clara tendencia al aumento en su valor medio hasta alcanzar el máximo en 2018.

El perímetro de las agregaciones registra igual comportamiento irregular año tras año con aumento y disminución de sus valores promedios, observándose que desde el 2016 en adelante los valores promedios tienden a la disminución.

El descriptor área registra su nivel máximo el 2008, para disminuir su valor hasta el 2011 y posterior a esto experimentar un aumento en su valor hasta el 2013, luego la tendencia en los últimos años es a disminuir registrando el menor valor de la serie el 2018.





En el caso de la dimensión fractal se observa que a partir del 2009 los valores promedios tienden a aumentar año tras año, alcanzando un máximo el 2016 seguida de valores cercanos en los años 2017-2018.

En general este último año los valores promedios de los descriptores largo, alto, perímetro y área fueron inferiores a los observados el año anterior, mientras que los descriptores elongación y dimensión fractal registraron un aumento en comparación al año 2017 (**Figura 56**).

En la **Figura 57** se observa que la profundidad de las agregaciones presentó una tendencia al aumento desde el 2009 hasta alcanzar el máximo en 2014 (327 m), valor que disminuye en los últimos años en donde alcanza el mínimo de la serie en 2017 (240 m), situación que se revierte en el último año al observarse un aumento del valor medio (321 m).

Los fondos en que fueron detectadas las agregaciones disminuyeron hasta el 2009 (menor valor promedio del periodo) para luego aumentar el 2010, posterior a este año los fondos se han mantenido por sobre los 440 m en promedio alcanzando un máximo el 2014 (511 m), valor que disminuye en los últimos años hasta un mínimo en 2017 (363 m), aumentando el 2018 a un valor superior a los 400 m.

El índice de altura cuyo valor promedio máximo se registró en 2007, disminuye hasta el 2009 evidenciando una tendencia de las agregaciones a ubicarse más cercanas al fondo, posteriormente aumenta el 2010 y a partir de este año sus valores promedios se mantienen en un nivel similar hasta el año 2015 en que disminuye al menor valor promedio de la serie (22,2%), para registrar en los últimos años un aumento en su valor medio lo que se revierte nuevamente en 2018 en donde se registra el menor valor de la serie. En general los descriptores batimétricos aumentaron el 2018 con relación a lo observado el año anterior, exceptuando el índice de altura.

El valor promedio de la energía retrodispersada de las agregaciones alcanzó un máximo el año 2008, lo que corresponde con el hecho de que en ese año se detectaran las agregaciones de mayor tamaño de la serie, posteriormente este descriptor presenta una tendencia a la disminución para alcanzar el año 2011 el valor más bajo de la serie ( $1.267 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ ), aumentando el 2012 a  $2.601 \text{ m}^2/\text{mn}^2$  y disminuyendo nuevamente el 2013 a  $1.793 \text{ m}^2/\text{mn}^2$ , año a partir del cual se observa un leve aumento en el valor promedio hasta el 2015, seguido de una leve disminución el 2016 y un posterior aumento al año siguiente, tendencia que se mantiene en el año 2018.

La densidad relativa registra dos máximos en el periodo el 2010 y el 2015 para posteriormente disminuir el 2016, observándose un leve aumento en el 2017, para el año 2018 el valor medio de este descriptor alcanza el máximo histórico de la serie. En relación a los descriptores de energía se observa una leve disminución del NASC y un importante aumento de la densidad relativa en relación a todo el periodo analizado (**Figura 57**).

Por último, el número de agregaciones observadas en 2018 disminuyen en relación al año anterior, pero corresponden al segundo mayor valor observado en la serie histórica (**Figura 57**).



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

Los resultados obtenidos durante el crucero de prospección realizado en agosto de 2018 a bordo del buque pesquero “BH Friosur VIII”, muestran que el stock de merluza de cola presente en el área y período de estudio mantiene una estructura demográfica representada principalmente por individuos juveniles, con valores de biomasa y abundancia menores en 24 y 37% respectivamente en relación al periodo 2017.

La serie histórica de estimados de biomasa de merluza de cola, presenta una importante variabilidad, distinguiéndose a pesar de ello dos tendencias en la serie total; el primer periodo desde 1992 hasta el año 2005, en donde la tendencia del estimado es decreciente, puesto que en este periodo se observan los dos valores máximos de la serie (**Tabla 1, Figura 58**), lo cual es aproximadamente 4 veces, superior al valor mínimo obtenido el año 2005 (146.000 t).

La segunda tendencia de la serie de biomasa corresponde a la última década (2005 - 2017) en donde la tendencia es creciente, sin embargo, con valores 2 veces menores a los registrados al máximo histórico de 1992 (591.000 t). El mínimo valor registrado el año 2013 (134.854 t) es contenido más de 2 veces, comparado con el máximo de esta década, obtenido el 2017 (289.697 t). Este año el valor del estimado es inferior a los dos periodos inmediatamente anteriores (Lillo *et al.*, 2017, Legua *et al.*, 2018).

Respecto de la abundancia, la serie total tiene dos tendencias claras, desde 1992 a 2005 con tendencia negativa y con el mínimo histórico en 2005 (161 millones de individuos y peso medio de 1.009 g) 6 veces menor a lo registrado en 1994 (974 millones de individuos, peso medio de 271 g).

La segunda desde 2008 a 2018, con tendencia positiva del estimado. Cabe destacar que el mínimo valor en esta serie, fue observado el 2012 (240 millones de individuos, peso medio de 662 g), y el máximo valor de este periodo se observó en 2017, con una abundancia de 959 millones de individuos (**Tabla 1, Figura 59**) con un peso medio de 302 g, similar en valor y peso medio, al máximo de la serie histórica obtenido en 1994. Este año el valor es 602 millones de individuos (inferior en 37% respecto del periodo 2017) su valor es similar al obtenido el 2015

En relación con la distribución espacial, merluza de cola estuvo presente en toda el área de estudio ~80% del total de millas prospectadas, con las mayores concentraciones asociadas a las zonas de los cañones, localizándose su centro de gravedad en la latitud 44°47,9'S, cabe destacar el desplazamiento latitudinal de 4mn al sector norte respecto del periodo anterior, pero manteniendo los valores de inercia en ~ 0,9°, siendo probable que las variaciones observadas en el centro de gravedad histórico los cuales se centran en torno a isla Guamblin (inercia = +/- 1°), sean de ocurrencia normal dentro de la dinámica espacial de este recurso.



Al analizar las tallas observadas entre los años 2008 y 2018, se observa una alta presencia de juveniles, no registrada en los restantes años de estudio. No obstante que en los años 2015 y 2016 la presencia de juveniles tendió a una disminución y consecuentemente un aumento gradual de los adultos (Lillo *et al.*, 2016 y 2017); durante el año 2017 (Legua *et al.*, 2018) y 2018 la tendencia fue opuesta a ello, es decir, volver a registrar una de mayor presencia de ejemplares juveniles como en los años 2008, 2011 y 2013.

Por otro lado, durante el mismo período 2008-2018 se ha observado una disminución de la proporción de hembras (45%-55%) respecto del período inicial 2001-2005 (60%-70%), en donde este período se caracterizaba por una mayor abundancia de adultos del recurso en el área de estudio. Luego, bajas abundancias del stock desovante de merluza de cola se caracterizarían, no solo con una mayor presencia de juveniles, sino también a una menor proporción de hembras.

Esta tendencia de un aumento en la presencia de individuos juveniles del año 2008 en adelante, también ha sido registrada en las composiciones de tallas de las capturas de merluza de cola en la pesquería arrastrera que opera en la zona centro sur y zona austral de Chile (Céspedes *et al.*, 2010, 2016 y 2017) en los mismos años en que se ha observado en los cruceros acústicos. En este sentido, estos cambios en la composición de tallas, destacando una mayor presencia de juveniles a partir del año 2008 en adelante respondería a una situación de carácter poblacional y global, más que a una situación especial del área y período de desove.

Esta estructura juvenil del recurso en el período de desove, entre los años 2008 a 2018 se enmarca dentro de un período de valores de baja biomasa desovante del recurso (Payá y Canales, 2013; Payá, 2017), aspecto que explicaría la reducción de la fracción adulta que aporta al desove.

No obstante, la baja presencia de adultos en el 2018, la concentración espacial de este recurso ha tendido a una similar condición que respecto del año 2016 y 2017 con adultos principalmente concentrados en latitudes menores y en un área muy reducida, como por ejemplo el Cañón Guafo (Lillo *et al.*, 2017 y Legua *et al.*, 2018). Situación también registrada en el año 2014 y 2015 (Lillo *et al.*, 2015 y 2016); pero, esta concentración de adultos se registró principalmente en los Cañones Guablín y Guafo. En sentido inverso, entre 2014 y 2018 el aumento de la presencia de juveniles en el área y período de estudio tendría la siguiente tendencia, un incremento en la presencia de juveniles en sentido sur a norte, es decir año a año habría un aumento gradual de la presencia de juveniles desde la zona sur a la zona norte de evaluación del recurso. Esta situación podría interpretarse como uso del espacio de las fracciones de la población de merluza de cola, en sentido que mientras los espacios de las concentraciones de los ejemplares adultos sean menores, estos tenderían a ser ocupados por fracciones juveniles del recurso.

Al observar este stock de individuos en términos de edad se puede apreciar que, al inicio de la serie en el año 2000, el stock desovante presentaba una estructura de edades con moda principal en GE VII-VIII en machos y en el tramo de GE VII a X en hembras, lo que caracterizaba las edades principales del stock parental, que se encontraba en la fecha y zona de desove. Esta condición presenta un



importante cambio en el año 2008 y posteriormente en 2017 ambos referidos a alta participación de individuos jóvenes en la zona de desove.

Este grupo de individuos jóvenes mencionados, participaron del proceso de desove de dos formas: Concurriendo al área de desove junto al stock parental, pero sin participar del desove por encontrarse en etapa inmadura (caso año 2017). Concurriendo al área de desove junto al stock parental de edades más adultas, pero con participación del evento de desove por encontrarse ya en etapa madura (caso año 2018).

En relación con los aspectos reproductivos, las hembras inmaduras correspondieron a un 21% del total de hembras. Siendo el 79% de las hembras restantes las que se encontraban en proceso activo de desove al momento del muestreo. Este valor es superior al obtenido durante los últimos 3 años, en los que se registró un 66%; un 51% y un 41% en los años 2015; 2016 (Saavedra *et al.*, 2016, 2017) y 2017 respectivamente (Legua *et al.*, 2018). Siendo similar a lo observado en los años 2010 y 2011, años en los que las hembras en maduración, en desove o desovadas se presentaron en un 85% y 79% respectivamente (Lillo *et al.*, 2011, 2012). Esto es indicativo de la variabilidad a la que suele estar sujeta esta proporción.

Los estadios de madurez sexual de acuerdo a la longitud total, muestra que la separación de hembras inmaduras de las hembras en maduración y maduras comienza a partir del grupo de longitud 60-69 cm. sin embargo, la estimación de la talla media de madurez sexual se vio afectada por la presencia de muestras cuyo estadios de madurez sexual versus el rango de longitud al que corresponde, no permitieron determinar una clase de tallas que fuera representativa exclusivamente de hembras maduras, ya que se pudo observar, al igual que en estudios anteriores, la presencia de hembras inmaduras hasta el grupo de longitud 80-89 cm, de igual forma otro factor que influyó, fue la presencia de hembras maduras y en maduración en rangos de longitud menores a los que usualmente suelen encontrarse, pudiendo observarse estos estadios a partir de los 36 cm LT. En años anteriores se ha observado una variabilidad recurrente producto de la composición de tallas de los ejemplares presentes en el área de desove, sin embargo, este año esa variabilidad se pudo observar desde rangos de tallas más pequeñas. La presencia de hembras de menor talla, con estadios más avanzados de maduración se vio reflejada tanto en la estimación de la talla media, como durante la clasificación de los EMS realizadas a bordo, en laboratorio y en los valores obtenidos de IGS al ser relacionados a grupos arbitrarios de longitud.

Al respecto se puede argumentar la influencia que tienen las hembras adultas que no desovan en cada temporada, pero que de todas formas se agrupan en el área de desove, este fenómeno se ha descrito en la merluza de cola de Nueva Zelanda (Livingston *et al.*, 1997), en el bacalao del Atlántico, *Gadus morhua* (Rideout *et al.*, 2000), en merluza del Atlántico *Merluccius hubbsi* (Macchi *et al.*, 2016), entre otras especies. Sobre la explicación de este fenómeno se ha descrito la influencia que tienen factores como el nivel de densidad poblacional, la temperatura del agua y la dieta, al respecto Macchi *et al.* (2016) mencionan que hembras que tienen una nutrición deficiente antes de la temporada de desove estarían postergando su ciclo de maduración gonadal. La presencia de hembras con gónadas de apariencia inmaduras, pero que al analizar su contenido se encuentra lo que parece ser restos de



desove de una temporada de puesta pasada, dificultan la determinación de la talla media de madurez sexual.

Respecto a estas variaciones se puede considerar que el proceso de maduración gonadal de la merluza de cola presenta un patrón irregular, pudiendo una parte de la población probablemente madurar a una diferente tasa que el resto de ella que se captura regularmente en las pescas de investigación. Se ha planteado la posibilidad de migraciones divergentes dentro de una población (Secor, 1999), relacionadas con decisiones en la etapa temprana de vida sobre uso del hábitat dentro de poblaciones, denominadas “contingentes”. Si este criterio se aplicara a la merluza de cola, involucraría que un grupo de peces al formar un contingente, mantienen su integridad desarrollando un patrón diferente de migración estacional que no es compartido con los peces de otros contingentes. Como consecuencia, estos contingentes podrían presentar diferentes tasas de crecimiento y tamaño de primera madurez sexual.

El análisis de los índices de actividad reproductiva indicó que el período de desove coincidió con el período de muestreo, como ya se ha registrado en años anteriores. La mayor abundancia de hembras maduras se encontró entre el 15 y el 19 de agosto, lo que coincide con el mayor valor de IGS (13,29).

El espectro trófico de *Macruronus magellanicus* para la época y zona comprendida en este estudio difiere de los estudios publicados con anterioridad, principalmente con lo relacionado a la presencia e importancia de los peces mictófidios, y Eufáusidos, los cuales no se encontraron en esta ocasión (Brickle et al, 2009, Sanchez y Prenski 1966), La comparación con otros estudios de alimentación de la merluza de cola en Chile, prácticamente no se puede realizar ya que no existen trabajos en la literatura, aún cuando, informes previos no publicados indican la importancia de los restos de peces y crustáceos (Meléndez et al, 2008, 2009), Sin embargo, con los resultados del presente informe nos permite señalar que la alimentación de la merluza de cola estaría dirigida a pequeños crustáceos pelágicos, como también a otros pequeños peces como mictófidios principalmente, además de otros pequeños meso y epipelágicos como el sternoptichido *Maurolicus parvipinnis* y el alepocephalidae *Talismania aphos*, Del mismo modo, en la merluza de cola se puede evidenciar un cierto cambio de dieta desde basada en crustáceos, en tallas menores, a aquella compuesta por pequeños peces meso y epipelágicos en tallas mayores,

En el área de estudio se mantiene una condición homogénea de la estructura comunitaria estudiada. La presencia continua de merluza de cola y merluza del sur en el área, las ubica como las especies principales y dominantes en la comunidad de especies presente en la zona. Otras especies como congrio dorado, reineta y cojinobas (Fam. Centrolophidae), merluza de tres aletas y jibia, mantienen una recurrencia temporal y espacial en la zona, pero que en la mayoría de los casos tienen baja representación en el aporte a la captura. La distribución espacial histórica de estas especies, muestra un patrón de distribución latitudinal continuo (43°S a 47°S) y batimetría (200 m hasta profundidades mayores de 400 m). Esto mantiene una condición de estabilidad respecto de la composición de fauna en la zona, lo cual ya ha sido reportado en evaluaciones anteriores.



En relación con los parámetros que describen a las agregaciones, estas mostraron cardúmenes largos, de bajo valor de alto de la agregación, disminuyendo en cobertura de área, ubicándose a mayor profundidad y con tendencia a ubicarse cerca del fondo y manifestando una leve disminución en la energía retrodispersada, todos parámetros más bajos que en años anteriores. Los descriptores batimétricos mostraron un aumento en la profundidad media de las agregaciones desde 240 m (2017) a 321 m (2018) lo que coincide con el aumento de la profundidad media del fondo (363 a 416 m) donde se registraron esas agregaciones, esto significó que las agregaciones se ubicaran más cerca del fondo con respecto al año anterior. La energía retrodispersada en cuanto al descriptor NASC mantiene un valor similar al año anterior si bien se observa una leve disminución en su valor, la densidad registra un importante aumento de su valor medio producto de una disminución del área de las agregaciones.



## 7. CONCLUSIONES

---

- La biomasa de merluza de cola se estimó en por el método geoestadístico en 221.394 t ( $LC_{\alpha=5\%} = 203.284 - 239.504$ ), valor ~24% inferior al estimado durante el crucero efectuado en agosto del 2017. Por el estimador bootstrap, la biomasa alcanzó a 191.527 t con un intervalo de confianza entre 176.096 y 206.957 t. El valor estimado por geoestadística se mantiene en el rango de valores estimados en la última década.
- La abundancia se estimó en 602.129.141 individuos de los cuales 312.167.476 (52%) fueron machos y 289.961.665 (48%) hembras con el método geoestadístico y 521.398.899 individuos con el estimador bootstrap. La abundancia experimentó un decremento de ~24% en comparación al 2017.
- La merluza de cola estuvo presente en el 80% de las transectas y su distribución batimétrica abarcó desde los 104 m hasta 600 m con una profundidad media de los cardúmenes en 340 m.
- La estructura de talla de merluza de cola en el año 2018 registró una distribución con una importante moda juvenil entre los 30-49 cm, lo que significó una importante presencia de ejemplares juveniles de 67% y una escasa presencia de adultos (33%). La estructura de talla juvenil entre los 30-49 cm se presentó en toda el área de distribución y batimétrica en el área y período de estudio; no obstante, en particular la fracción adulta fue focalizada principalmente hacia latitudes menores, como el Cañón Guafo. En la proporción sexual, los machos predominaron levemente (52%) respecto de las hembras.
- La estructura de edades permanece conformada principalmente por peces jóvenes con moda principal menos acentuada que el año anterior. La abundancia, considerando ambos sexos, estuvo sostenida mayoritariamente (84%) por cinco clases que comprenden los GE III a VII, con moda en el GE III. La abundancia del stock parental, a pesar de estar constituida por peces jóvenes, corresponde a peces maduros en una fracción de 99,5% para machos ( $\geq GE50\% II$ ) y 95,0% de hembras ( $\geq GE50\% III$ ).
- El índice gonadosomático promedio fue igual a 7,55 con valores individuales extremos de 0,02 y 26,27. Las hembras con gónadas inmaduras presentaron un IGS promedio igual a 0,35 y las sexualmente maduras presentaron un IGS promedio de 13,29.
- No se pudo obtener una estimación representativa de la talla media ni de la edad media de madurez sexual tras el análisis de las muestras para el presente estudio. La variabilidad que ha presentado este parámetro, tomando en cuenta las estimaciones de años anteriores, no es indicativa de una tendencia hacia la disminución o el aumento en el parámetro.



- En merluza de cola la fecundidad promedio fue de  $871.305 \pm 767.901$  ovocitos y la fecundidad relativa fue igual a  $647 \pm 120$  ovocitos. La fecundidad media del total de la muestra fue  $613.746 \pm 550.319$ .
- La captura obtenida en los lances de pesca de identificación estuvo compuesta por 13 especies, de peces. El área de estudio mantiene una condición de estabilidad, respecto de la fauna que da estructura a las comunidades presentes en la zona. Se destaca la presencia continua de merluza del sur y merluza de cola como principales componentes de estas comunidades, seguidas en importancia por, congrio dorado, reineta, cojinobas (Fam. Centrolophidae) y merluza de tres aletas.
- La alimentación de merluza de cola se basó principalmente mictófidos y peces mesopelágicos, como Alepocefálidos mostrando una conducta trófica eurífaga, no existiendo diferencias de la alimentación entre los distintos tamaños de peces estudiados. El análisis de isótopos estables confirma que la merluza de cola es un predador generalista que se alimenta en la columna de agua, principalmente en la zona meso pelágica.





## 8. REFERENCIAS

---

- Aguayo, M., I. Payá, C. Vera, V. Ojeda, I. Céspedes y J. Donoso. 1991. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales 1990. Pesquerías demersales "peces" zona sur austral. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI-IFOP 91/6). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 83 pp. + tablas.
- Aguayo, M., R. Céspedes, L. Arias, I. Payá, E. Figueroa, V. Ojeda, L. Adasme y L. Muñoz. 1994. Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales demersales "peces" zona sur austral - 1993. Estado de situación y perspectivas del recurso. Corporación de Fomento de la Producción (SGI IFOP 94/3). Instituto de Fomento Pesquero, Chile, 50 pp.
- Aguayo, M., R. Céspedes, F. Balbontín, R. Bravo, V. Catasti, P. Gálvez, y L. Adasme. 2001. Dinámica reproductiva de merluza del sur y congrio dorado. Informe final proyecto FIP 99 - 15.
- Arancibia, H., Neira S., Barros M., Gatica C., Zúñiga M. J., Alarcón R., Acuña E. 2010. Formulación e implementación de un enfoque multiespecífico de evaluación de stock en recursos demersales de la zona sur austral – Fase I. Informe Final Proyecto FIP 2008-23. Universidad de Concepción / Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A., 301 pp. + Anexos
- Balbontín, F. y R. Bravo. 2001. Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza del sur y merluza de cola. En: Informe Final Evaluación hidroacústica de merluza del sur y merluza de cola, 2001. Informe Técnico para el Instituto de Fomento Pesquero, 45 pp.
- Bodholt, H. 1991. Fish density derived from echo-integration and in situ target strength measurements. ICES. C: M. 1990/B:21.
- Bradu, D., y Y. Mundlak. 1970. Estimation in lognormal linear models. J. Am. Stat. Assoc. 65(329): 198-211.
- Bray, J.R., y J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27:325-349.
- Brickle, P., A. I. Arkhipkin, V. Laptikhovskiy, A. Stocks and A. Taylor. 2009. Resource partitioning by two large planktivorous fishes *Micromesistius australis* and *Macrurus magellanicus* in the Southwest Atlantic. Estuarine, Coastal and Shelf Science 84: 91-48.
- Brown-Peterson, N.J., D. M. Wyanski, F. Saborido-Rey, B.J. Macewicz, y S.K. Lowerre-Barbieri. 2011. A standardized terminology for describing reproductive development in fishes. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem science [online serial] 3:52-70.



- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1994. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 1st edition. PRIMER -E: Plymouth. 144 pp.
- Clifford, H.T. y W. Stephenson. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press, Inc., London, 229 pp.
- Cohen, D. M., T. Inada, T. Iwamoto y N. Scialabba. 1990. Gadiform fishes of the world (order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO species catalogue. N°125, Vol. 10. Roma, FAO. 442 pp.
- Córdova, J., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, P. Rojas, A. Saavedra. M. Barbieri, y J. Saavedra. 2006. Evaluación del Stock desovante de merluza del sur y merluza de cola. Zona Sur Austral, 2005. Informe proyecto FIP 2005-04.
- Cressie, N. A. C. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley and Sons, New York. 900pp.
- Chong, J. 2000. Ciclo de maduración ovárica, fecundidad y talla de madurez en *Macruronus magellanicus* (Lonnberg, 1907) de la zona sur de Chile. Biol. Pesquera 28: 3-13.
- Cubillos, L., A. Hernández, L. Vilugrón, L. Miranda, R. Alarcón, C. Pino, A. Sepúlveda, G. Vásquez. 1998. Estudio biológico-pesquero de merluza de cola en el área de distribución de la pesquería pelágica centro-sur. Informe final Proyecto FIP 1996-19. 176 pp.
- Cushing, D.H. 1975. Marine Ecology and Fisheries. Cambridge University Press, Londres, 278 pp.
- Demer, D.A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K., Chu, D., Domokos, R. 2015. Calibration of acoustic instruments. ICES Coop. Res. Rep. No. 326. 133 pp.
- De Robertis, A., y K. Williams. 2008. Weight-length relationships in fisheries studies: the standard allometric model should be applied with caution. Trans. Am. Fish. Soc. 137:707-719.
- Dunford, A. 2005. Correcting echo-integration data for transducer motion (L), J Acoust. Soc. Am. 118 (4) 2121-2123
- Ernst, B., G. Aedo, R. Roa, L. Cubillos, P. Rubilar, A. Zuleta, L. Castro y M. Landaeta. 2006. Evaluación del reclutamiento de merluza de cola entre la V y X regiones: Revisión metodológica". Informe final FIP 2004-12.
- Flores, H. y Smith, A. 2010. Biología reproductiva de *Graus nigra* (Perciformes, Kyphosidae) en las costas del norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1), 659-670.



- Freón, P, F. Gerlotto, O. M. Soria, 1996. Diel variability of school structure with special reference to transition periods. ICES. J. Mar. Sci., 53: 459-464.
- Galleguillos R., R. Montoya, L. Troncoso, M. Oliva C. Oyarzún. 1999. Identificación de unidades de stock en el recurso merluza de cola en el área de distribución de la pesquería. Informe Final. Proyecto FIP 1996-30. U. de Concepción, Fac. Ciencias Naturales y Oceanográficas. 81 pp.
- Giussi, A. R., 2002, Parámetros poblacionales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) del Atlántico Sudoccidental. Año 2001. Inf. Téc. INIDEP N° 01/02, 7 pp.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tathan, R. L. y W. C. Black. 1999. Análisis Multivariante. Madrid. Prentice Hall. (5° edición).
- Hayes, D. B., J. K. T. Brodziak, y J. B. O'Gorman. 1995. Efficiency and bias of estimators and sampling designs for determining length-weight relationships of fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 84 - 92.
- Hunter, J.R., N.H. Lo y R. Leong. 1985. Batch fecundity in multiple spawning fishes. En: R. Lasker (Ed) An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Aplicación to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Technical Report, NMFS 36: 67-77.
- Hussey, N. E., MacNeil, M. A. y Fisk, A. T. 2010. The requirement for accurate diet-tissue discrimination factors for interpreting stable isotopes in sharks. *Hydrobiologia*, 654(1), 1-5.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – A review of methods and their application. J. Fish Biol., 17: 411 - 429.
- Isaaks, E. H. y R. M. Srivastava. 1989. Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York, 560 pp.
- Journel, A. G y Huijbregts. 1978. Mining Geoestatistics. Academic Press, New York. 600 pp.
- Kalikhman, I. 2002. Patchy distribution fields: sampling distance unit and reconstruction adequacy. ICES J. Mar. Sci., 58: 1184-1194.
- Kimura, D. 1977. Statistical assessment of the age - length key. J. Fish. Res. Board of Can. 34 : 317 - 324.
- Kim S, Casper D, Galvan-Magaña F, Ochoa-Diaz, Hernandez-Aguilar S y Koch P. 2011. Carbon and nitrogen discrimination factors for elasmobranch soft tissues based on a long-term controlled feeding study. *Environ. Biol. Fishes*. 95: 37-52
- Lillo, S., J. Córdova y A. Paillamán. 1996. Target strength measurements of hake and jack mackerel. ICES. J. of Mar. Sci. 53(2): 267 - 271.



- Lillo, S., M. Espejo, M. Rojas, M.A. Barbieri, J. Castillo, V. Ojeda, F. Cerna, R. Céspedes, L. Adasme, H. Miranda, C. Bravo, F. Balbontín, M. Acevedo, L. Rodríguez, M. Braun, V. Valenzuela, H. Miles, J.L. Blanco, J. Letelier y J. Osses. 1997. Evaluación directa del stock desovante de merluza del sur en la zona sur-austral. Informe final FIP 1996-38. 203 pp.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda y R. Vega. 2000. Evaluación directa de merluza de cola en la zona centrosur, 1999. Inf. Téc. FIP-IT/99-06: 55 pp.
- Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, M. Aguayo, L. Adasme y A. Saavedra. 2001. Evaluación acústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Informe proyecto FIP 2000-14.
- Lillo, S., M. A. Barbieri, M. Espejo, J. Castillo, H. Miranda, J. Córdova, A. Saavedra, M. Rojas, C. Cancino, F. Flores, H. Reyes. 2005. Estimaciones in situ de la fuerza de blanco (TS) de merluza del sur y merluza de cola. Informe IFOP/FIP 2003-34
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Adasme, F. Balbontín, M. Rojas y A. Saavedra. 2008. Evaluación del stock desovante de merluza de cola en aguas exteriores, año 2007. Informe FIP 2007-13.
- Lillo S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, L. Adasme, M. San Martín, F. Balbontín, R. Bravo, R. Meléndez y A. Saavedra. 2010. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2009. Informe Final Corregido. FIP 2009-10. Ejecutor IFOP Requirente SUBPESCA.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, E. Molina, R. Meléndez y A. Saavedra. 2012. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, año 2011. Pesca de Investigación SubPesca-IFOP. Informe FIP 2011-04.
- Lillo, S., E. Molina, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, R. Meléndez, A. Saavedra. 2013. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur austral, aguas exteriores, año 2012. Informe final. FIP 2012-07.
- Lillo S., J. Legua, V. Ojeda, R. Céspedes, L. Muñoz, H. Hidalgo, K. Hunt, A. Villalón, F. Balbontín, R. Bravo, G. Herrera, E. Molina, S. López y B. Leiva. 2017. Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones. Sección I: Merluza del sur. SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT. Informe Final. Convenio de Desempeño 2016 Ejecutor: IFOP.



- Livingston, M E, M. Vignaux y KA Schofield. 1997. Estimating the annual proportion of nonspawning adults in New Zealand hoki, *Macruronus novaezelandiae*. U. S. Fish. Bull. 95: 99 - 113.
- Macchi, G., M. Díaz, E. Leonarduzzi, M. Militelli, K. Rodrigues. 2016. Skippedspawning in the Patagonian stock of Argentine hake (*Merluccius hubbsi*). Fishery Bulletin. 114. 397-408.
- Matheron, G. 1971. The theory of regionalized variables and its applications. Technical reports C-5, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, Centre de Geoestatistique et de Morphologie Mathématique, Fontaine bleam (F). 211 pp.
- McCullagh, P. y J. A. Nelder. 1989. Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall, 511 pp.
- Medina, M. y L. Herrera. 2012. Determinación de la composición trófica de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, entre septiembre y diciembre de 2011. Informe técnico 41 pp.
- Meléndez, R., Klarian, S. y Armijo, S. 2008. Análisis de los contenidos estomacales de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) provenientes de aguas exteriores de la XI Región de Chile (2008). Informe final presentado al Instituto de Fomento Pesquero.
- Meléndez, R. Lopez, S y F Burgos. 2009. Análisis de los contenidos estomacales de la merluza del sur (*Merluccius australis* (Hutton)) y de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus* Lönnberg) provenientes de aguas exteriores de la XI Región de Chile. Informe final presentado al Instituto de Fomento Pesquero.
- Mitson, R.B. (Ed.), 1995. Underwater Noise of Research Vessels: Review and Recommendations. ICES Coop. Res. Rep. No. 209, 61.
- Moore JW y BX, Semmens. 2008. Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. Ecol Lett 11:470 - 480.
- Morse, W.W. 1980. Spawning and fecundity of Atlantic mackerel, *Scomber scombrus* in the Middle Atlantic Bight. Fish. Bull. 78 (1): 103-108.
- Neira S., Arancibia H., Alarcón R., Castro L., Cubillos L., Lillo S, Barros M. 2015. Informe Final Proyecto FIP 2013-27 "Estimación de índices de reclutamiento para merluza del sur y merluza de cola en la zona sur y austral de Chile". Universidad de Concepción, 241 pp.
- Newsome SD, del Rio Frontiers in Ecology CM, 2007 A niche for isotopic ecology. Wiley Online Library DOI: 10.1890/060150.01
- Niklitschek, E. J., D. Secor, P. Toledo, X. Valenzuela, L. Cubillos y A. Zuleta. 2014. Nursery systems for Patagonian grenadier off Western Patagonia: large inner sea or narrow continental shelf? – ICES J. Mar. Sci. 71: 374 - 390.



- Ojeda, F.P. 1981. Estructura comunitaria de peces demersales en el extremo austral de Chile: Explicación ecológica de patrones latitudinales, batimétricos y de simpatria. Tesis. Universidad de Chile. 91 pp.
- Ojeda, V., L. Muñoz, K. Hunt, L. Miranda, R. Bravo, L. Cid; H. Hidalgo y M. Miranda, 2008. Estructuras de edad en las capturas de los recursos pesqueros: Merluza del sur, Congrio dorado, Merluza de cola, Merluza de tres aletas, Bacalao de profundidad. En: Informe Final Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. Investigación Situación Pesquería Demersal Sur - Austral, 2007.
- Ojeda V., L. Muñoz, A. Villalón, K. Hunt, M. Miranda, L. Cid y L. Vidal. 2014. Estructuras de edad en las capturas de los recursos: Merluza del sur, Congrio dorado, Merluza de tres aletas. En: Proyecto Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura, 2013. Actividad Demersal. Reg. 2014-I-11. SEC- IFOP.
- Palma, S. y K. Kaiser. 1993. Plancton marino de Aguas Chilenas. Ediciones Universitarias, Valparaíso, 151 pp.
- Parnell AC, Inger R, Bearhop S, Jackson AL. 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLOS ONE 5, e9672. In: Global Biogeochemical Cycles. Citeseer.
- Parnell A y Jackson A. 2011. Siar. Stable Isotope Analysis in R. R package version 4.1.1. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=siar>.
- Parnell A, Inger R, Bearhop S y Jackson A. 2012. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. PLOS ONE 5: e9672
- Parnell A, Jackson A. 2015. Stable Isotope Analysis in R -siar-. R.
- Petitgas, P. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des peches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- Phillips DL, Newsome SD, Gregg JW .2005. Combining sources in stable isotope mixing models: alternative methods. Oecologia 144:520–527.
- Picquelle, S. y G. Stauffer. 1985. Parameter estimation for an egg production method of Northern anchovy biomass assessment. NOAA. Tech. Rep. NMFS 36.
- Pienaar L. y W. Ricker, 1968. Estimating mean weight from length statistic. J. Fish. Res. Board of Can. 25: 2743 - 2747.



- Pinkas, L. M. Olphant y I. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish and game. Fish Bull., 152: 105 pp.
- Quaeck-Davies K, VA Bendall, KM, MacKenzie. 2018. Teleost and elasmobranch eye lenses as a target for life-history stable isotope analyses. PeerJ 6:e4883.
- Queirolo D., V. Zamora, C. Hurtado, I. Montenegro, T. Melo, J. Merino, E. Gaete, y R. Escobar. 2008. Caracterización de agregaciones de merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) en la zona centro-sur de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 36 (2), 259-269.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Renard, D., Bez, N., Desassis, N., and Beucher, H., RGeostats: The Geostatistical package 10.0.8. MINES ParisTech. Free download from: <http://cg.ensmp.fr/rgeostats>, 2014.
- Rencher, A. 1995. Methods of multivariate analysis. New York. Wiley. 627 pp.
- Retamal, M. 2000. Catálogo multimedia de los crustáceos decápodos de Chile. World Biodiversity Data Base ETI series.
- Ricker W., 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can., N° 119.
- Rideout, RM, MPM Burton y GA Rose. 2000. Observations on mass atresia and skipped spawning in northern Atlantic cod, from Smith Sound, Newfoundland. J. Fish Biol. 57: 1429–1440.
- Rivoirard, J. Simmonds, K. Foote, P. Fernandes y N. Bez. 2000. Geostatistics for estimating fish abundance. Ed. Blackwell. 345 pp.
- Roa, R., B. Ernst y F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. Fishery Bulletin 97: 570 - 580.
- Rossi, R. E., Mulla, D. J., Journel, A. G. y Franz, E. H. 1992. Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs 62: 277 - 314.
- Robotham, H. y J. Castillo. 1990. The bootstrap method; an alternative for estimating confidence intervals of resources surveyed by hydroacustics techniques. Rapp. P.-v. Reún. Cons. Int. Explor. Mer, 189:421 - 424.
- Saavedra, A., C. Lang, A. Barraza, J. Saavedra, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, R. Vargas, R. Meléndez. 2014. Evaluación directa de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, año 2013. Informe Final. FIP 2013-13 Capítulo III– Merluza de tres aletas. IFOP.



- Sánchez, F., L. B. Prenski. 1996. Ecología trófica de peces demersales en el Golfo de San Jorge. Rev. Invest. Des. Pesq., 10: 57 - 71.
- Scalabrin, C., y J. Masse. 1993. Acoustic detection of spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. Aquat. Living Resour. 6:269-283.
- Scalabrin, C. 1997. Identification acoustique des especies pelagiques à partir d'atributs discriminants des bancs de poissons monospecificques. Thèse. Ecole doctorale des sciences de la mer.
- Schuchert, P.C., A.I. Arkhipkin y A.E. Koenig. 2010. Traveling around Cape Horn: Otolith chemistry reveals a mixed stock of Patagonian hoki with separate Atlantic and Pacific spawning grounds. Fisheries Research 102:80-86.
- Secor, D.H. 1999. Specifying divergent migration patterns in the concept of stock: The Contingent Hypothesis. Fish. Res. 43: 13-34.
- Simmonds, J., y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustic. Chapman y Hall, 548 pp.
- SIMRAD. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp SIMRAD. 2003. Simrad EK60. Scientific Echo Sounder. Instruction Manual, 165 pp.
- Simrad, 2008. Simrad EK60 Scientific echo sounder system. Instruction manual. 91 pp.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). 2018. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2017. Departamento de Pesquerías. División de Administración Pesquera, marzo 2018. [http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-100052\\_recurso\\_1.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-100052_recurso_1.pdf)
- Takeda M. 1986. Crustacea Decapoda. In: Nakamura I (ed.). Important fishes trawled off Patagonia, pp. 318-343. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo
- Vivanco, M. 1999. Análisis estadístico multivariable. Editorial Universitaria, Chile. 233 pp.
- Wallace AA, DJ, Hollander, EB, Peebles .2014. Stable isotopes in fish eye lenses as potential recorders of trophic and geographic history. PLOS One 9:e108935.
- Welch, D. and R. P. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length-at-maturity with application to pacific cod (*Gadus macrocephalus*) populations dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:333-343.
- Wisner, R. 1976. The taxonomy and distribution of Lanternfishes (Family Myctophidae) of the Eastern Pacific Ocean. NORDA Report 3: i-vii + 1-220.





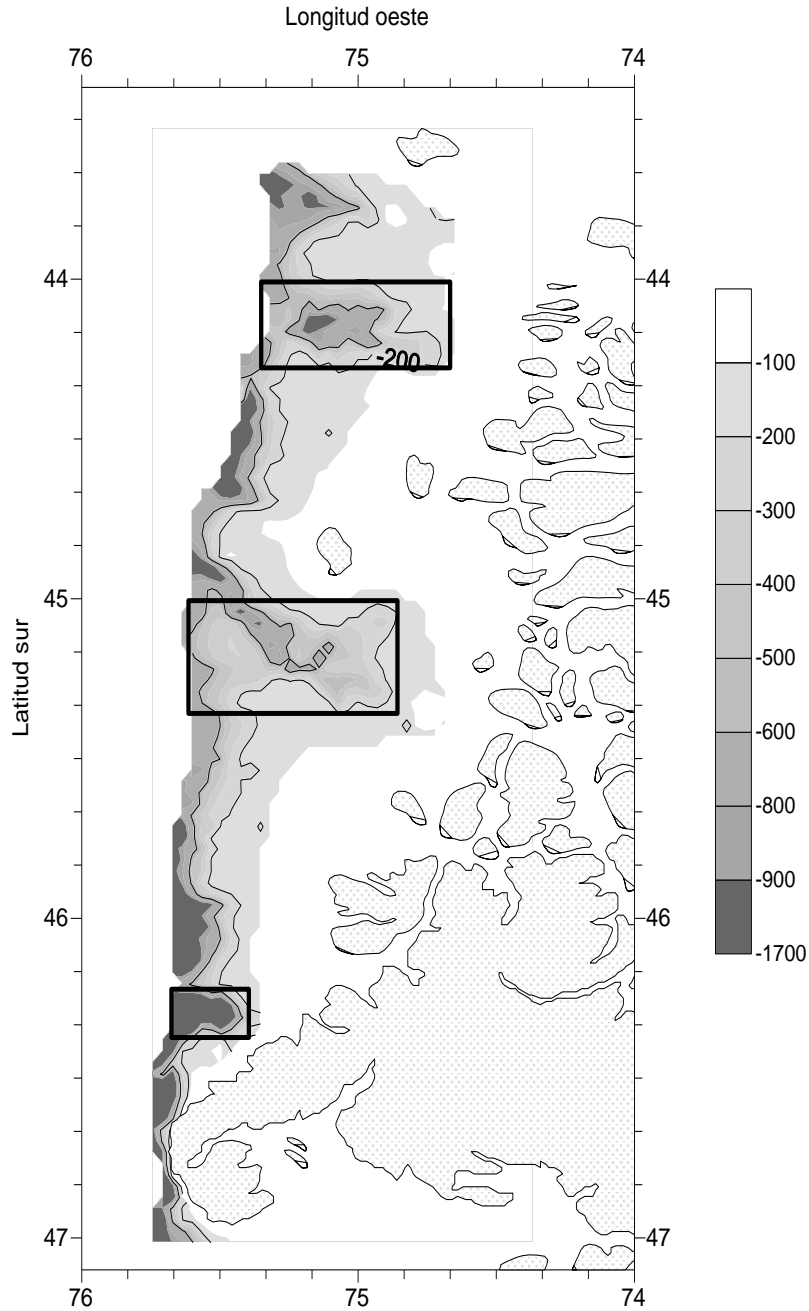
- Wolter, K. M. 1985. Introduction to Variance Estimation XII, 428 page, 1985.
- Wollez, M., Poulard, J.-C., Rivoirard, J., Petitgas, P. y Bez, N. 2007. Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time, with application to European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 537–550.
- Young, Z., J. Chong, H. Robotham, P. Gálvez y H. González. 1998. Análisis de la pesquería de merluza de cola en la zona sur-austral. 1998. Informe Final proyecto FIP 96-37. IFOP.
- Zar, J. 1999. Biostatistical analysis. 3rd edn. Prentice hall, Princeton, NJ, USA, 663 pp.





# FIGURAS

---



**Figura 1.** rea de estudio. Se señalan las isolíneas de los veriles de 100 y 600 metros de profundidad y las zonas asociadas a los cañones de profundidad presentes en la zona de estudio.



Figura 2. Buque Hielero "Friosur VIII", en el cual se desarroll3 el crucero de evaluaci3n.

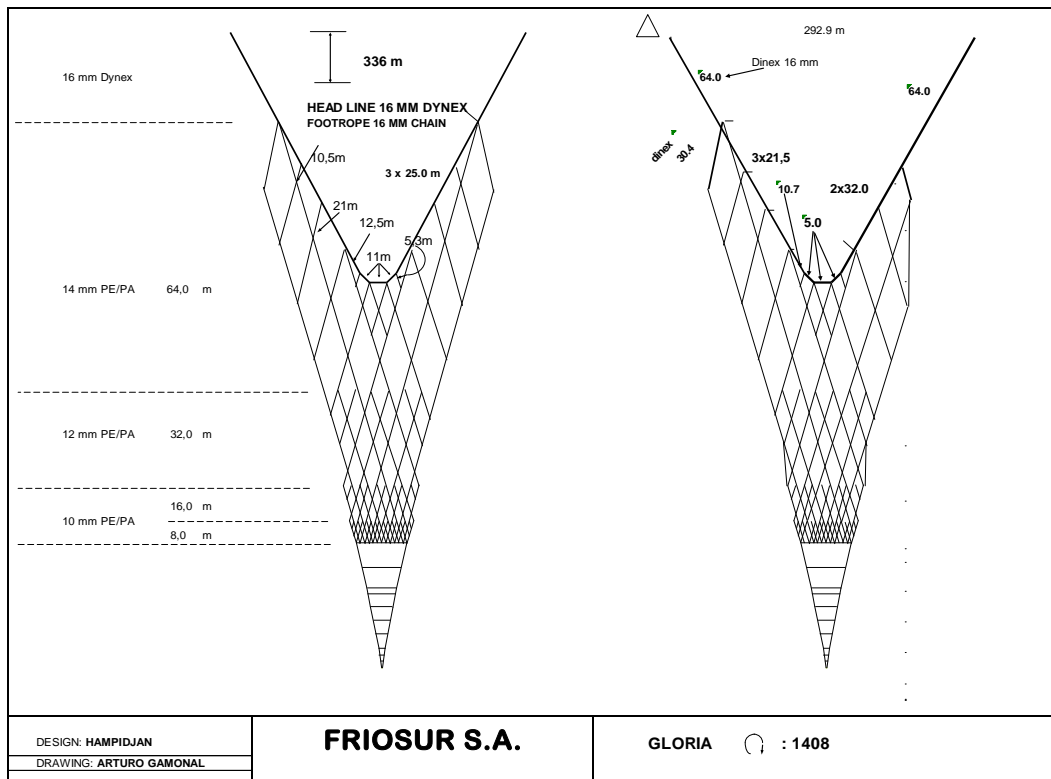
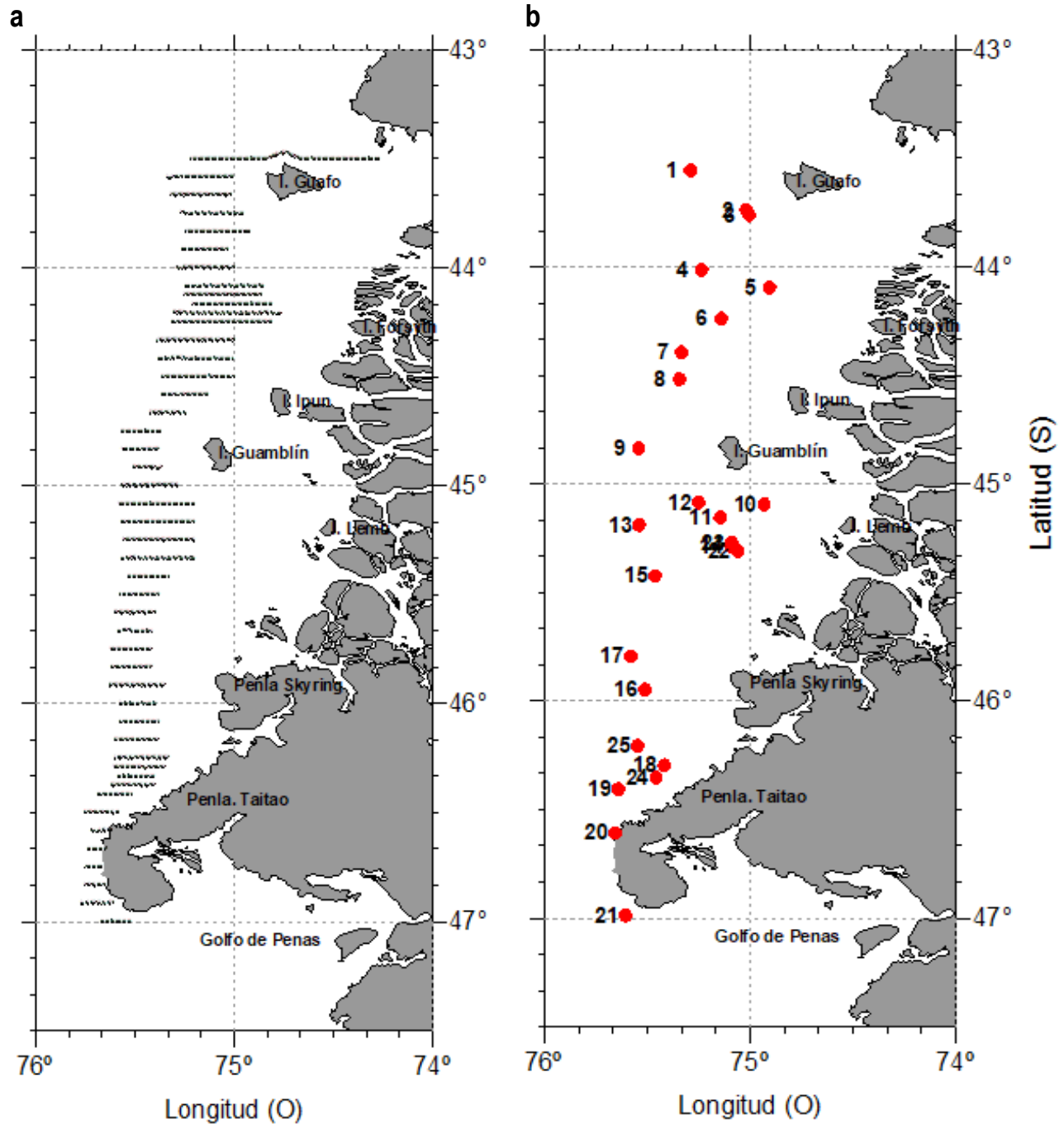
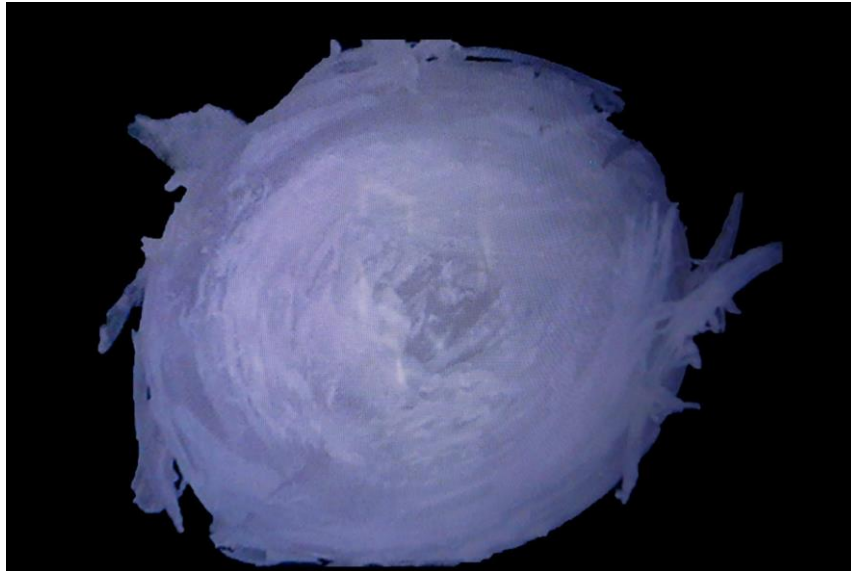


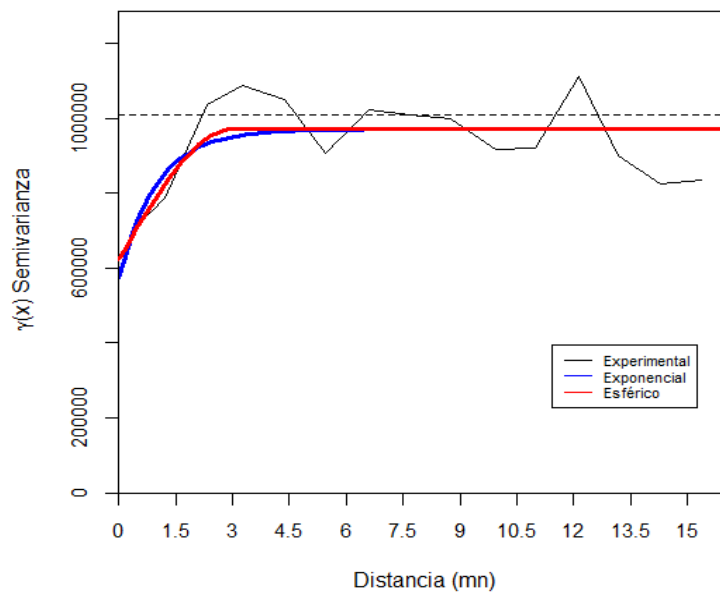
Figura 3. Plano de la red comercial GLORIA 1408 utilizada en el estudio.



**Figura 4.** Localizaci3n de (a) transectas de muestreo acústico y (b) lances de pesca de identificaci3n.



**Figura 5.** Corte sagital del lente del ojo de un individuo de merluza de cola



**Figura 6.** Semivariograma de merluza de cola. Direcci3n omnidireccional. Zona total de estudio.

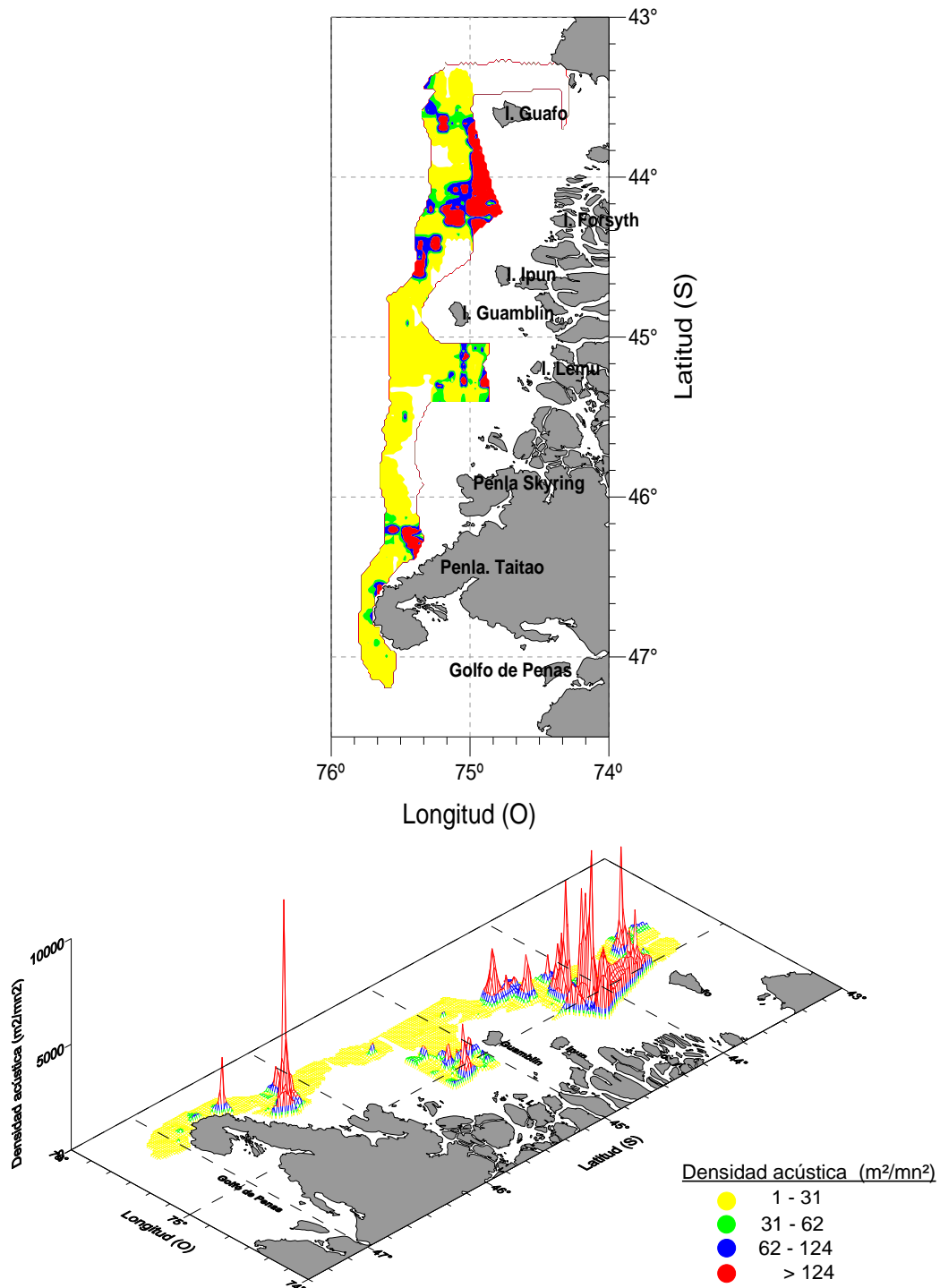


Figura 7. Distribución espacial de la biomasa de merluza de cola. Agosto 2018.



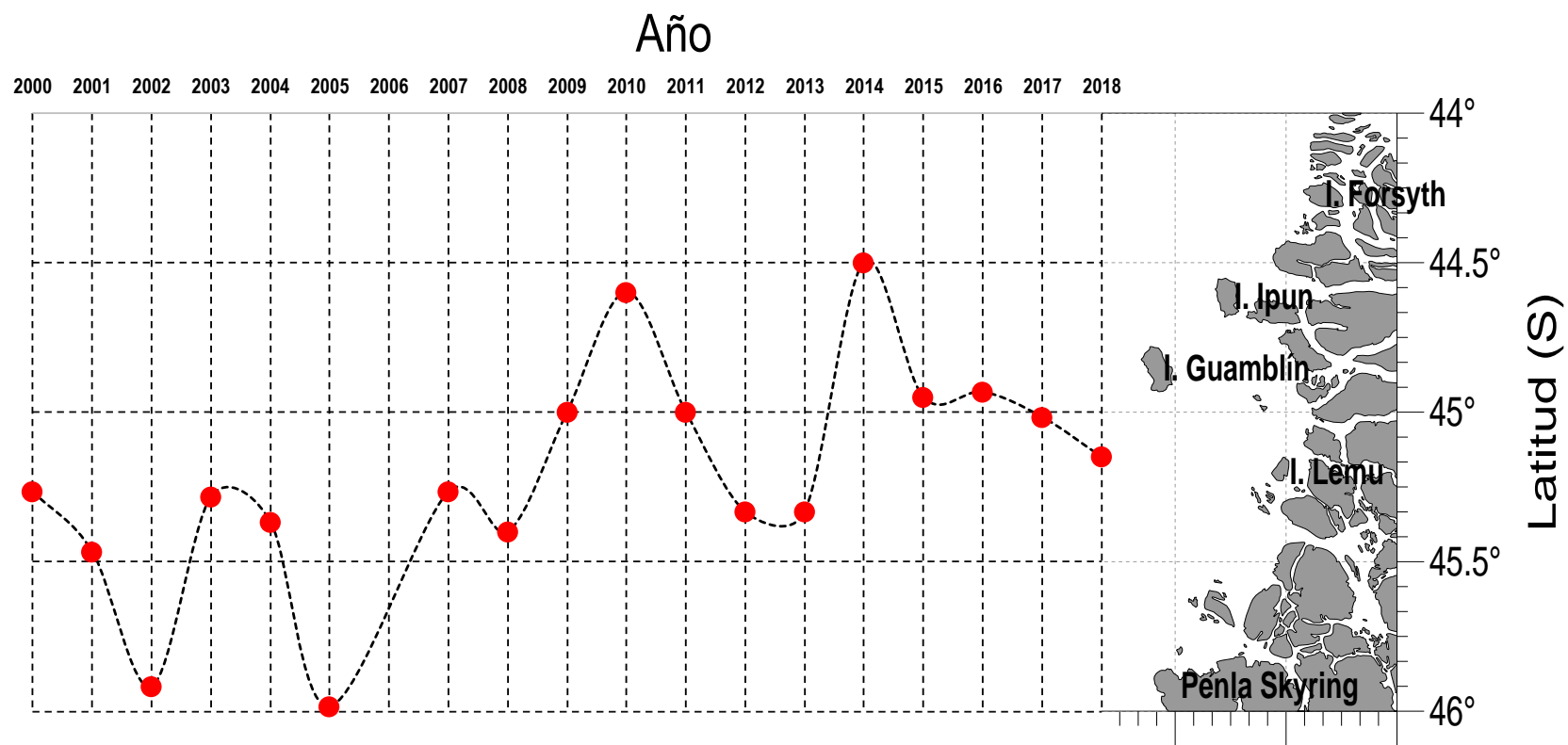
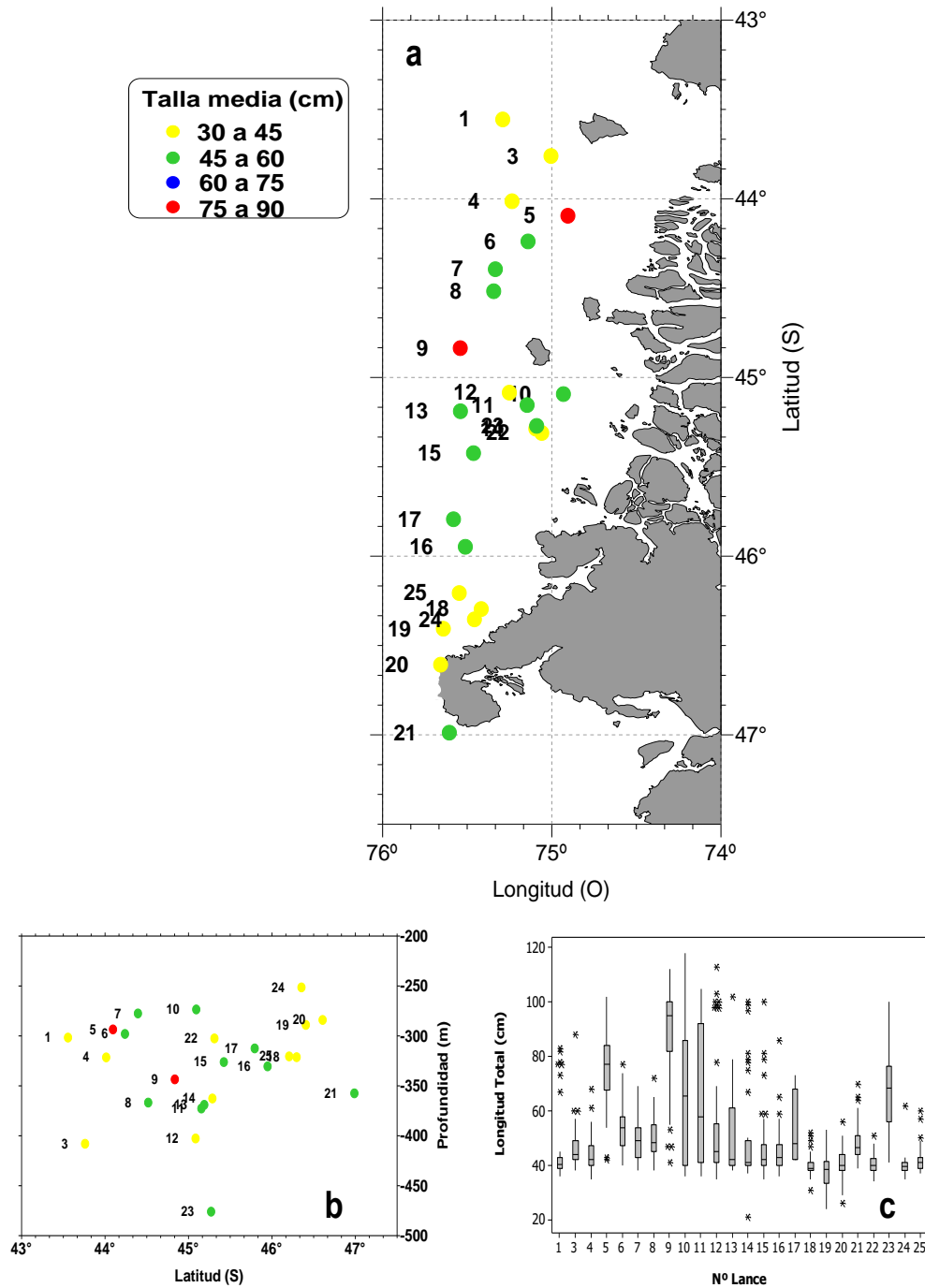
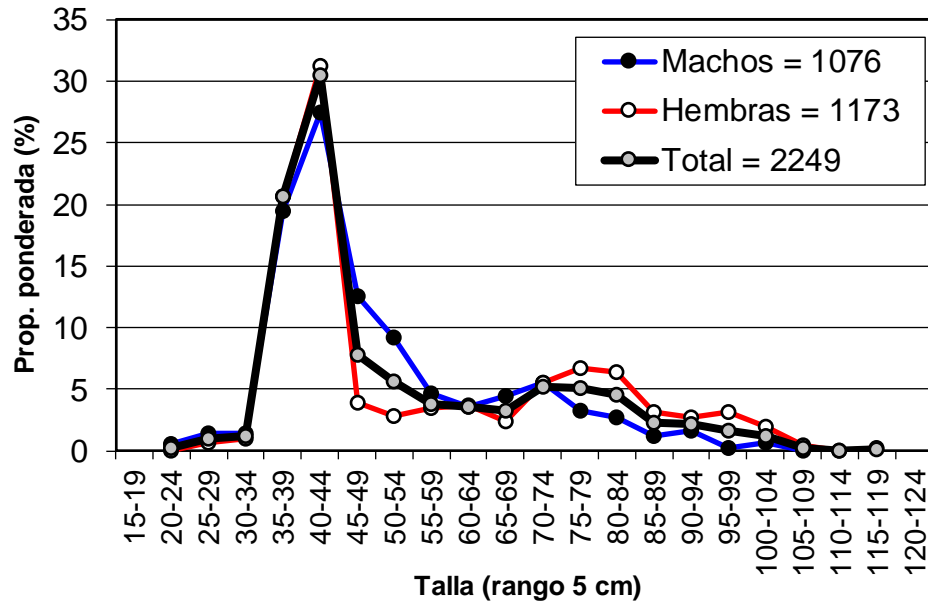


Figura 8. Centros de Gravedad de la distribución del stock evaluado de Merluza del Sur. Periodo 2000 a 2018

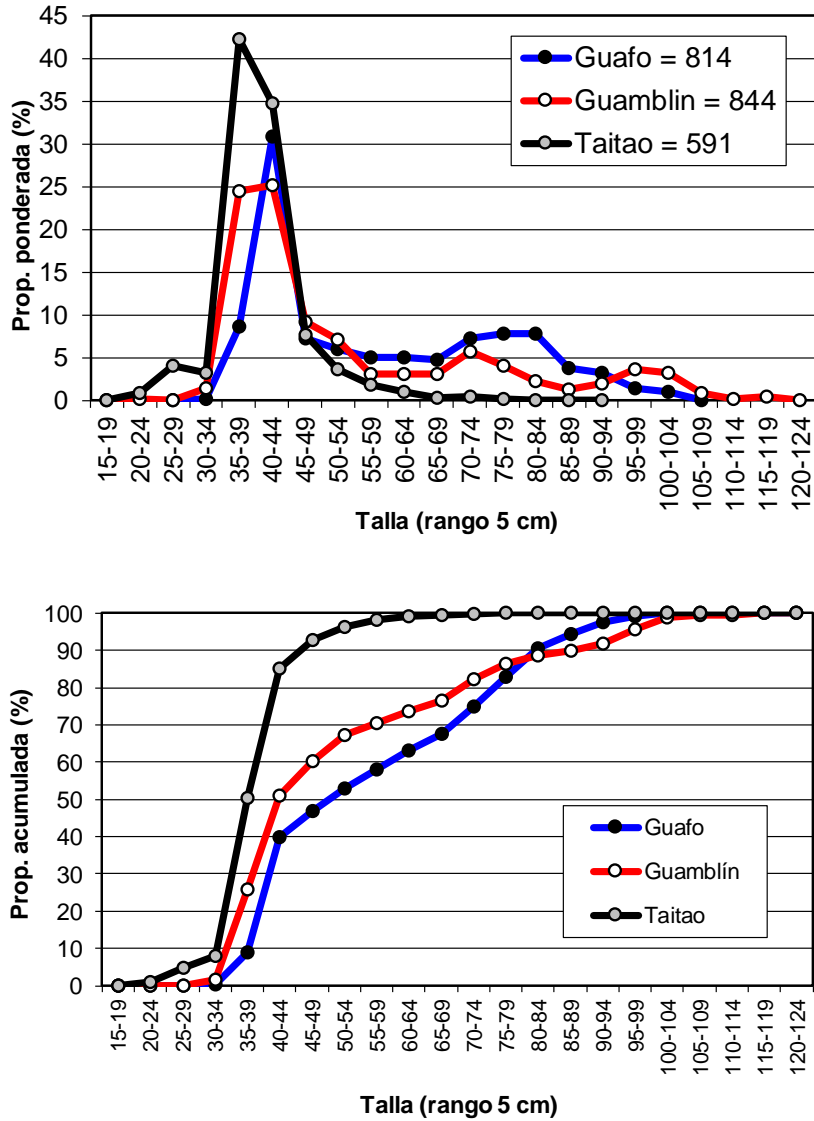


**Figura 9.** Distribuci3n latitudinal y batimétrica de la talla media de merluza de cola. Crucero de evaluaci3n directa merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, a1o 2018.



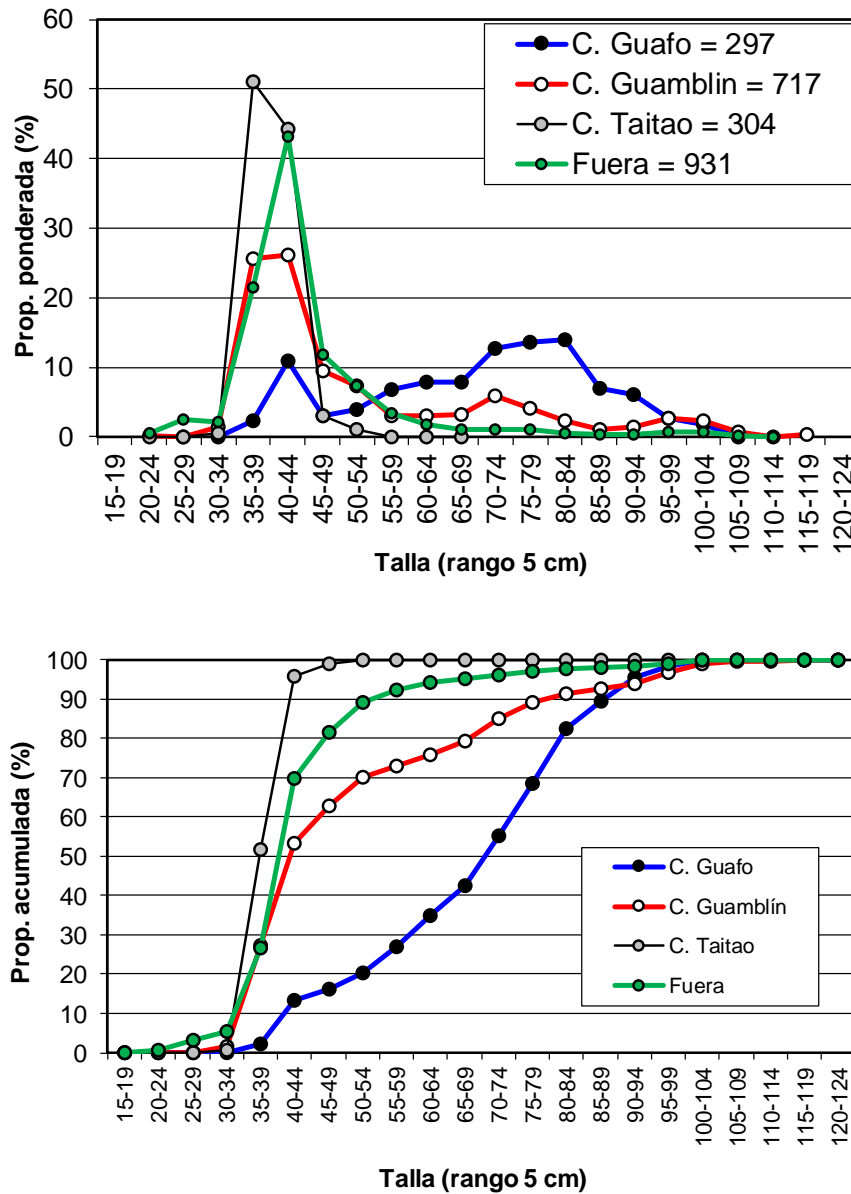
Indicador	Macho	Hembra	Total
n	1076	1173	2249
Mín. (cm)	21	24	21
Máx. (cm)	102	118	118
Prom. (cm)	50,4	55,7	52,8
D. est. (cm)	2,7	2,8	2,0
% < 55 cm	72,2	60,2	67,0
Pr. Sex. (%)	51,8	48,2	100

Figura 10. Distribución de talla de merluza de cola por sexo para el área de estudio. (agosto, 2018).



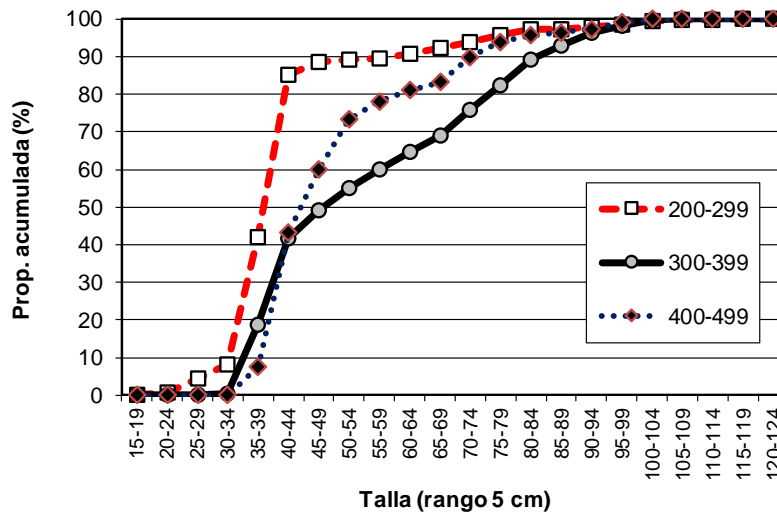
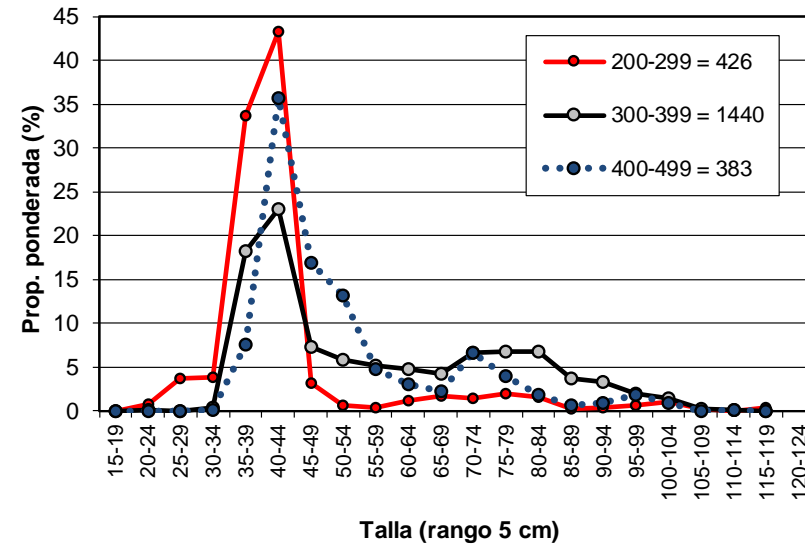
Indicador	Guafo	Guablín	Taitao
n	814	844	591
Mín. (cm)	31	21	24
Máx. (cm)	102	118	86
Prom. (cm)	58,1	54,0	40,2
D. est. (cm)	3,6	2,4	1,2
% < 55 cm	52,9	67,4	96,4
Macho (%)	39,7	51,9	45,6
Hembra (%)	60,3	48,1	54,4

Figura 11. Distribución de talla de merluza de cola por área. (agosto, 2018).



Indicador	C. Guafo	C. Guablín	C. Taitao	Fuera
n	297	717	304	931
Prom. (cm)	70	52	40	45
D. est. (cm)	5,2	2,4	1,8	1,9
% < 55 cm	20,2	70,0	100,0	89,0
Macho (%)	43,6	53,2	50,2	36,8
Hembra (%)	56,4	46,8	49,8	63,2

Figura 12. Distribución de talla de merluza de cola por cañón y fuera de los cañones. (agosto, 2018).



Indicador	Profundidad (m)		
	200-299	300-399	400-499
n	426	1440	383
Prom. (cm)	43,5	57,3	51,9
D. est. (cm)	2,1	3,0	2,7
% < 55 cm	89,1	54,9	73,3
Macho (%)	28,7	46,3	61,2
Hembra (%)	71,3	53,7	38,8

**Figura 13.** Distribuci3n de talla de merluza de cola por rango de profundidad (seg3n profundidad de relinga superior). (agosto, 2018).

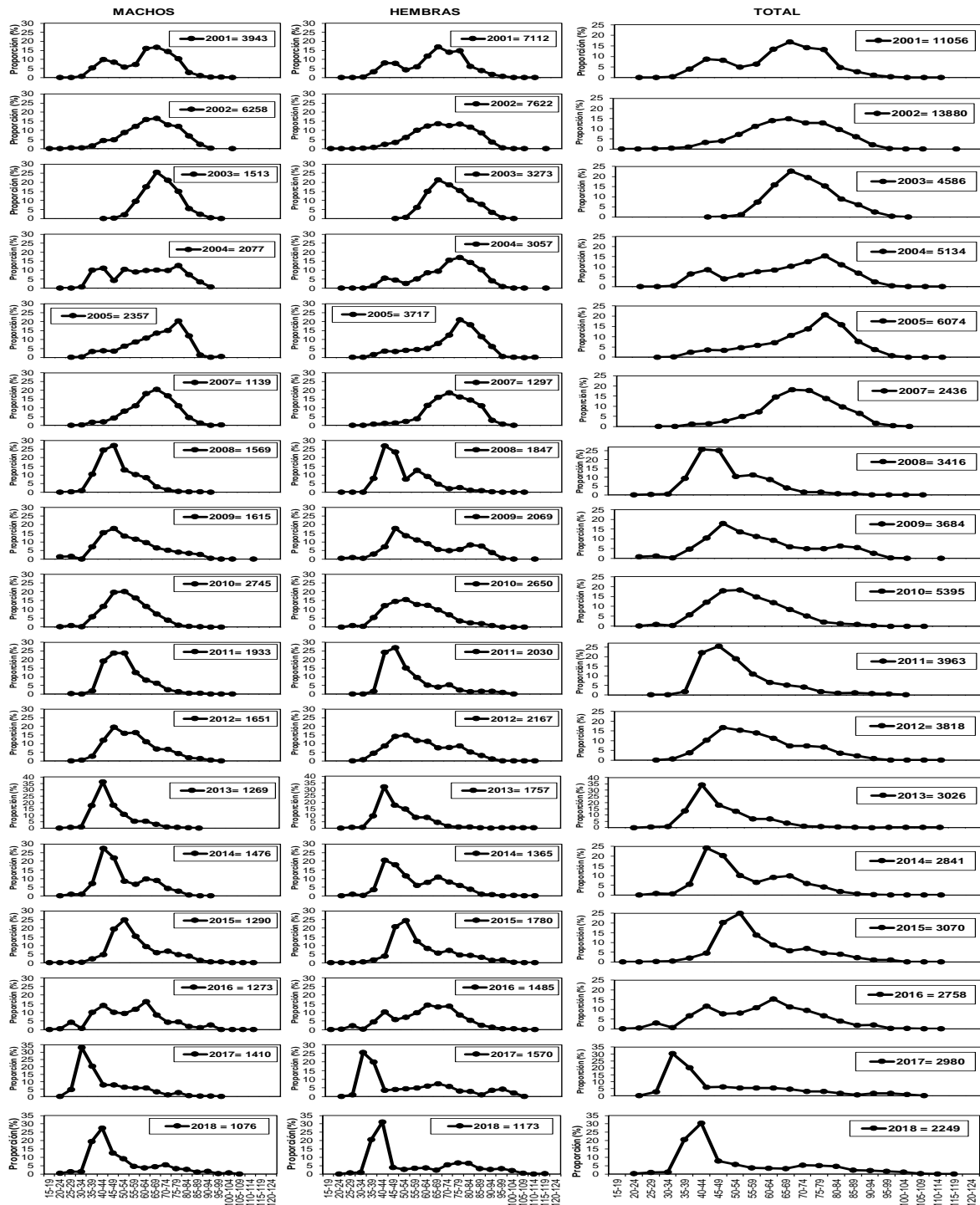
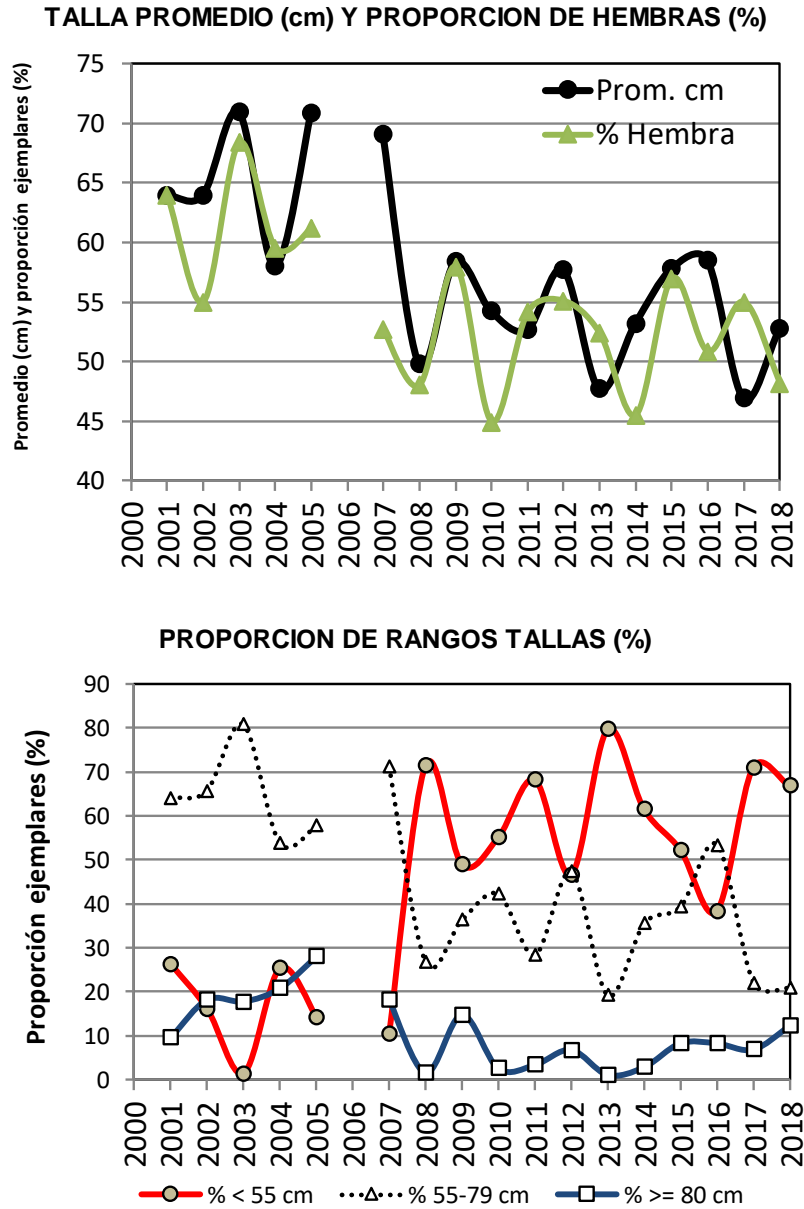
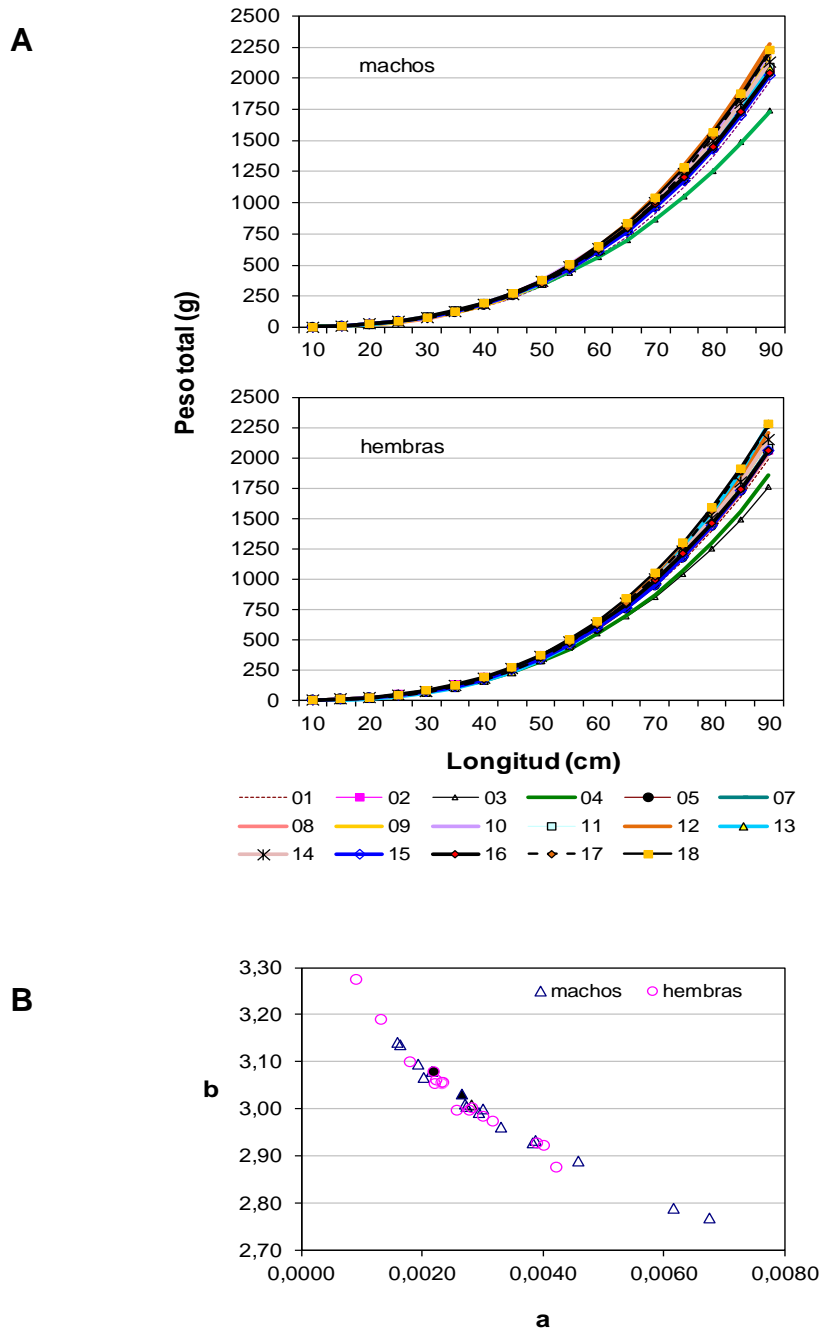


Figura 14 Distribuci3n relativa de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroac3sticos 2001 a 2005, 2007 a 2018.

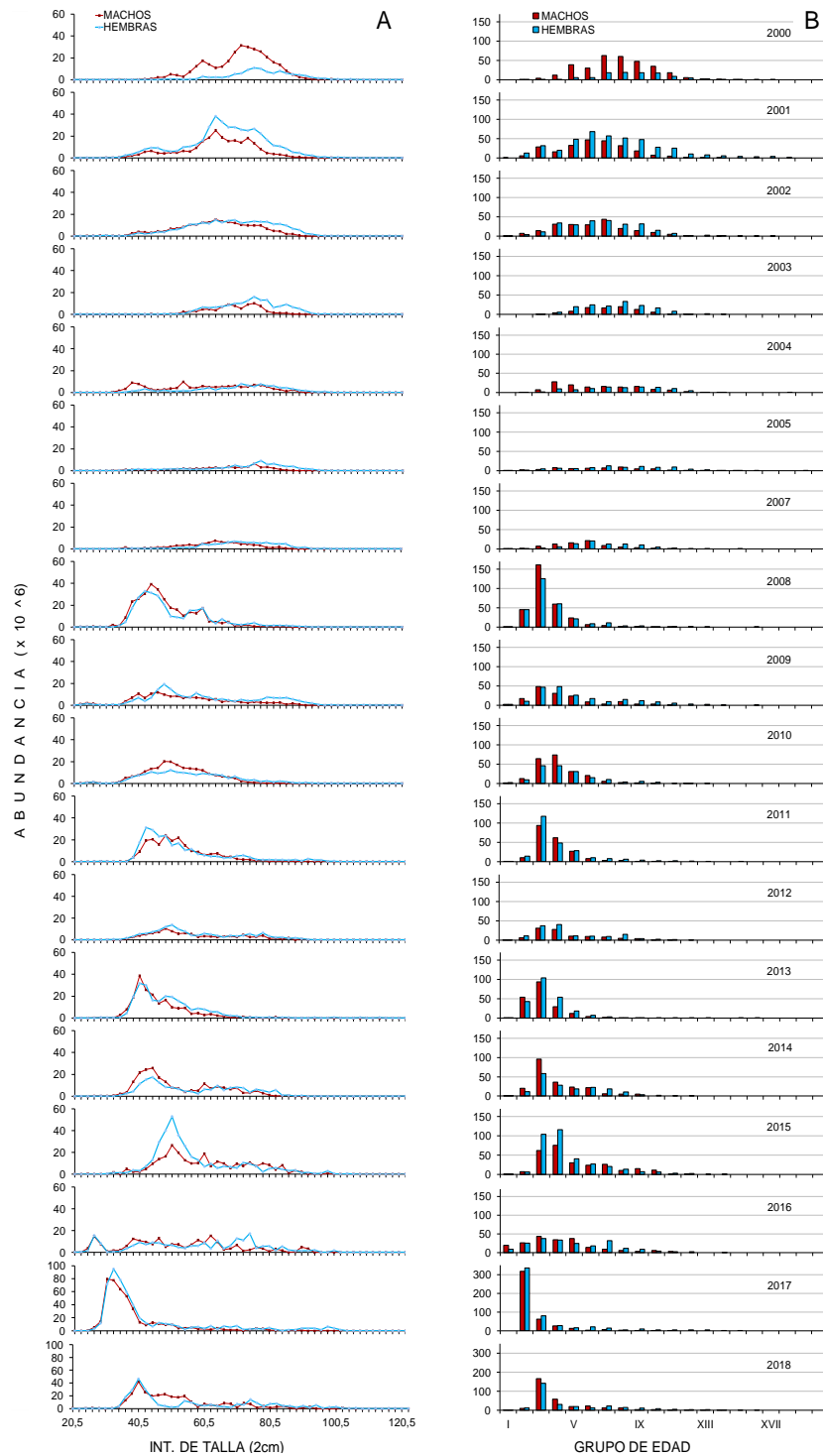


**Figura 15** Distribuci3n de los estadísticos hist3ricos de la talla de merluza de cola para los cruceros hidroacústicos 2001 a 2005, 2007 a 2018.

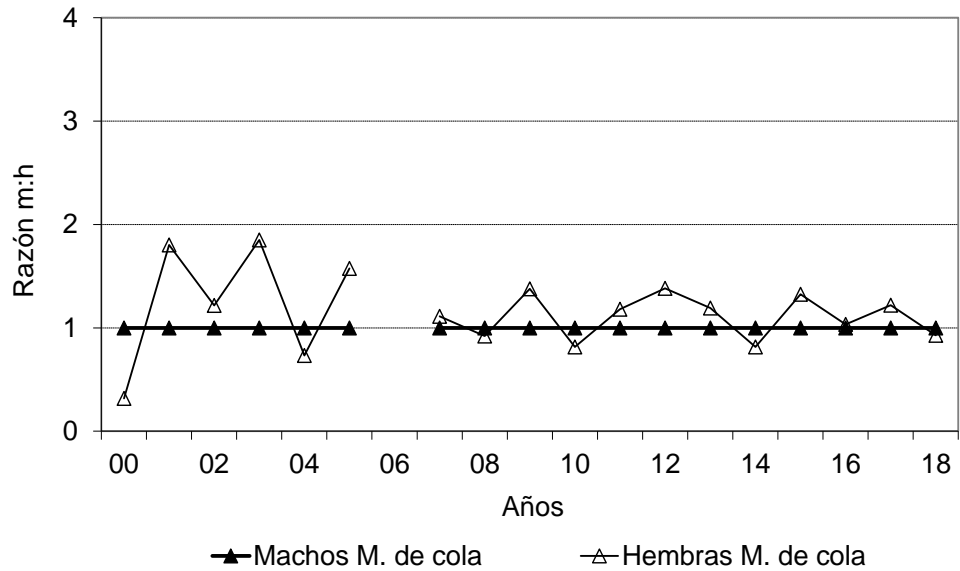




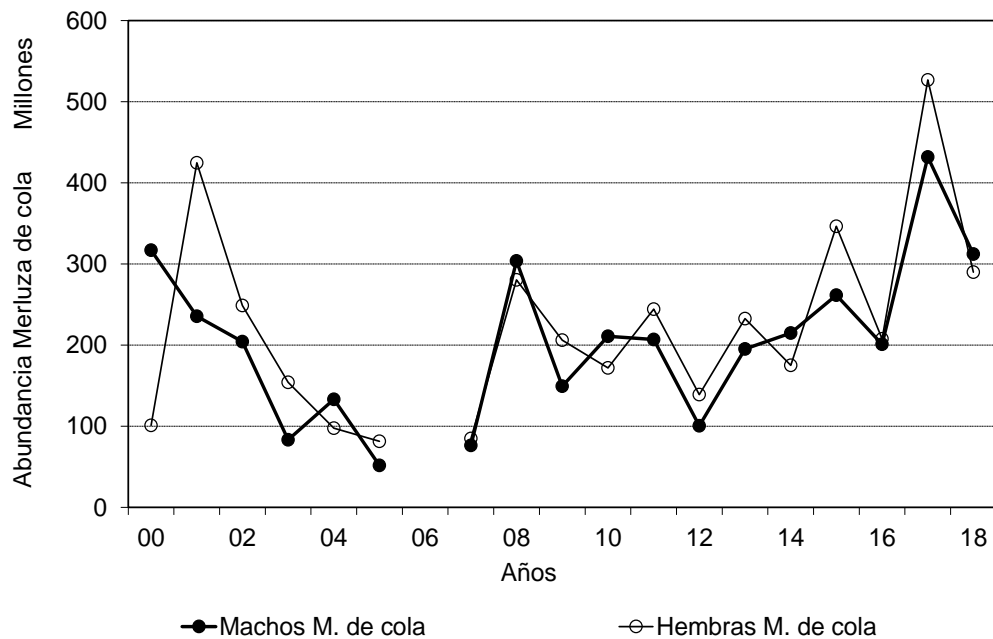
**Figura 16.** Comparaci3n de las funciones peso- longitud estimadas para merluza de cola por sexo (A) y representaci3n de los par3metros “a” (intercepto) y “b” (pendiente) de esta relaci3n en el per3odo 2001 – 2018 (B).



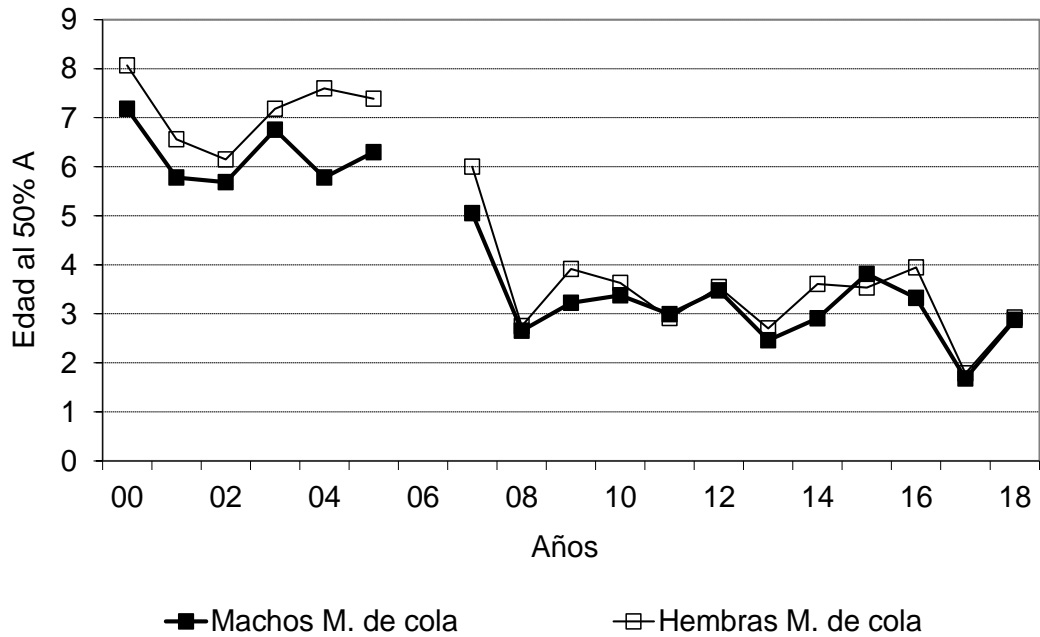
**Figura 17.** Abundancia por clase de talla (A) y grupos de edad (B) de merluza de cola, por sexo, en las evaluaciones directas efectuadas en el periodo 2000 - 2018.



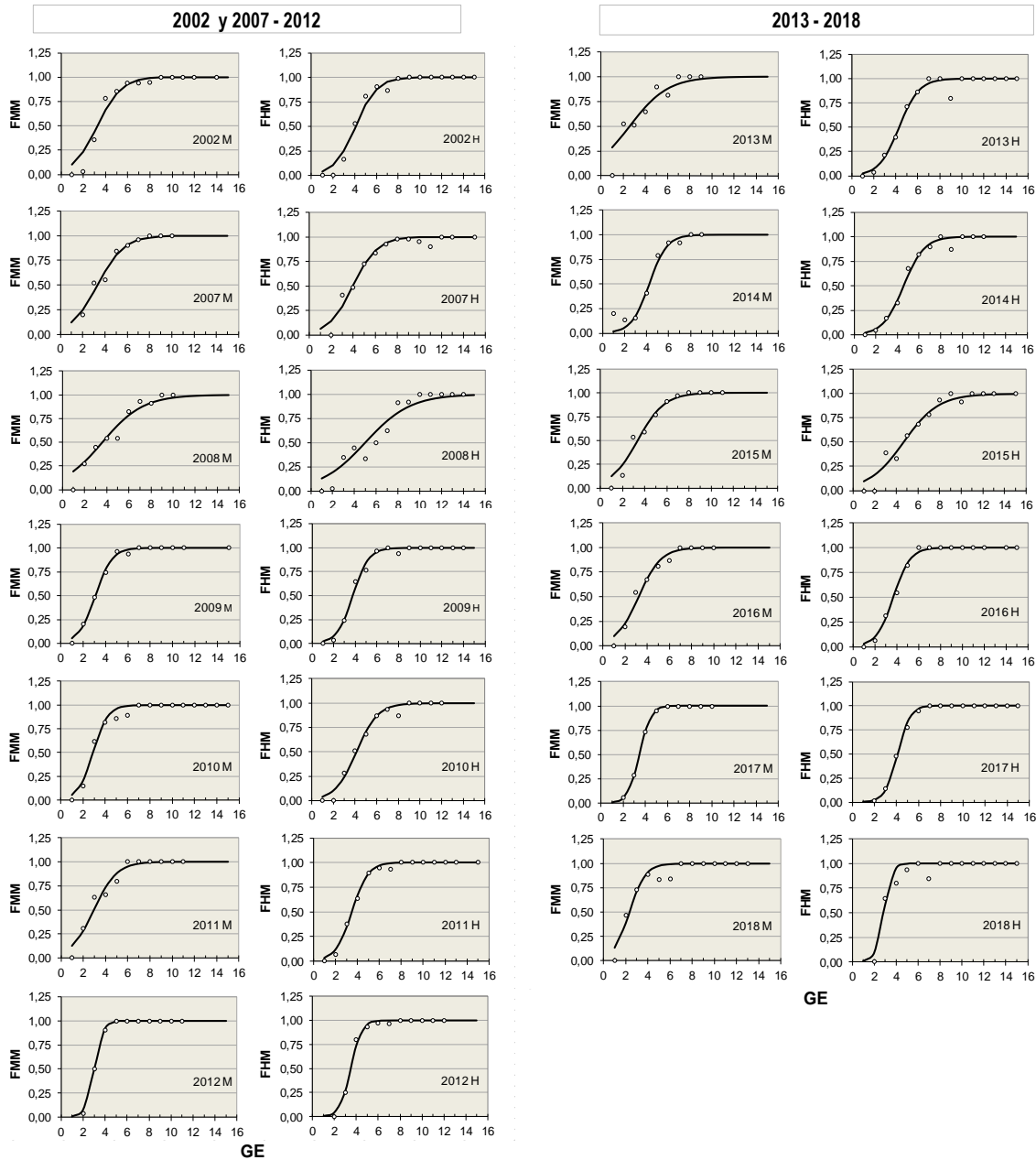
**Figura 18.** Proporc3n sexual de merluza de cola, presente en la abundancia en el per3odo de desove, seg3n a3o, 2000-2018.



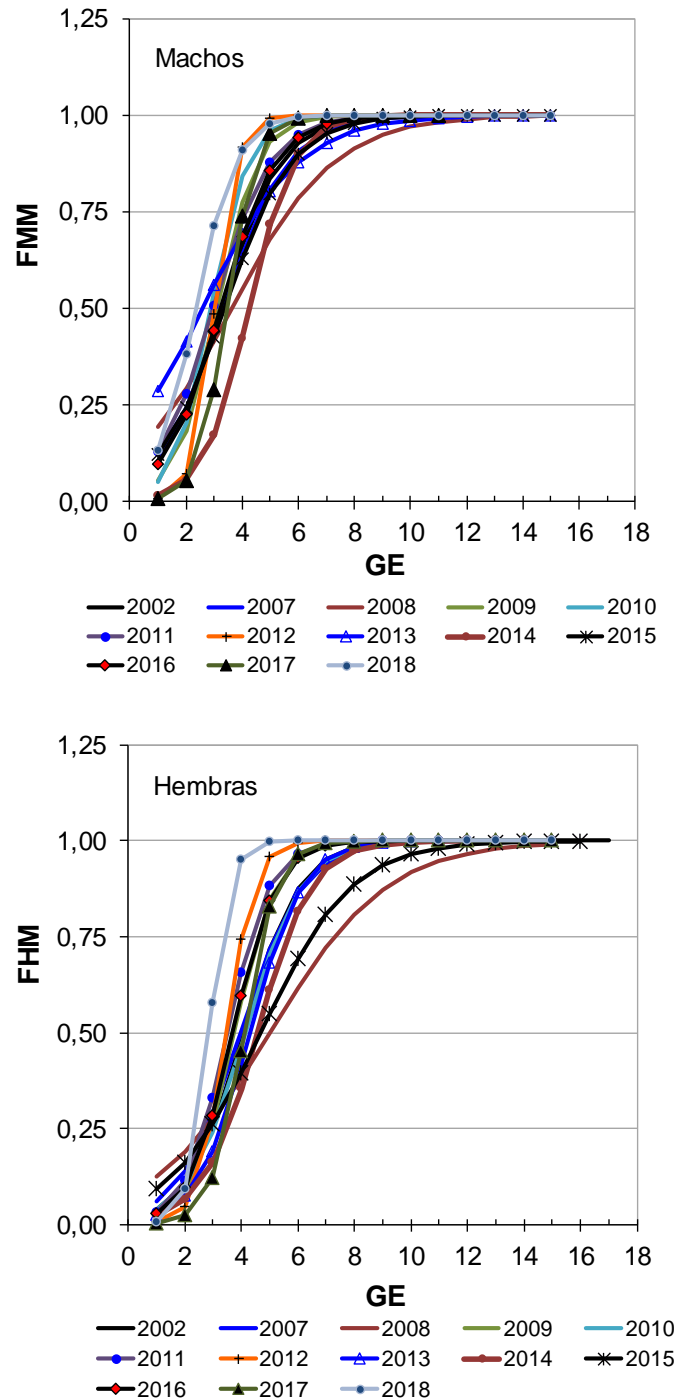
**Figura 19.** Abundancia de merluza de cola, por sexo, en los cruceros de evaluaci3n del stock desovante, per3odo 2000 – 2018.



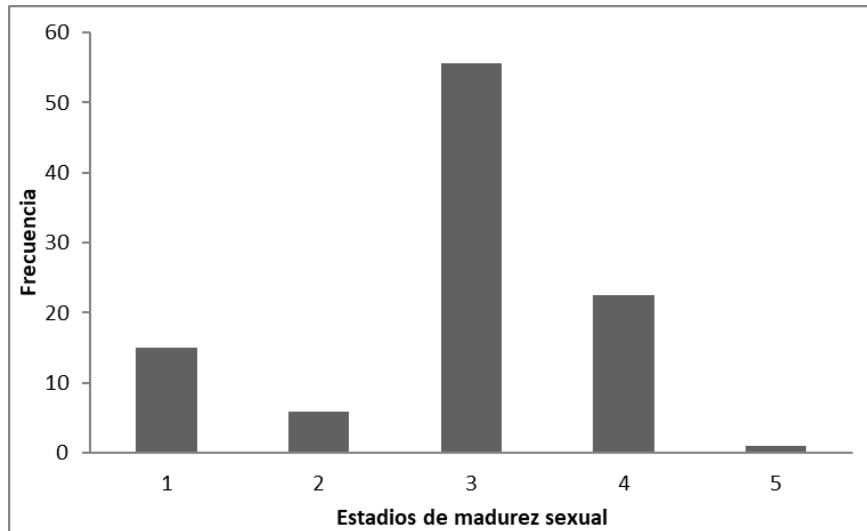
**Figura 20.** Edades medianas de merluza de cola, por sexo, presente en los cruceros de evaluación del stock desovante, período 2000 - 2018.



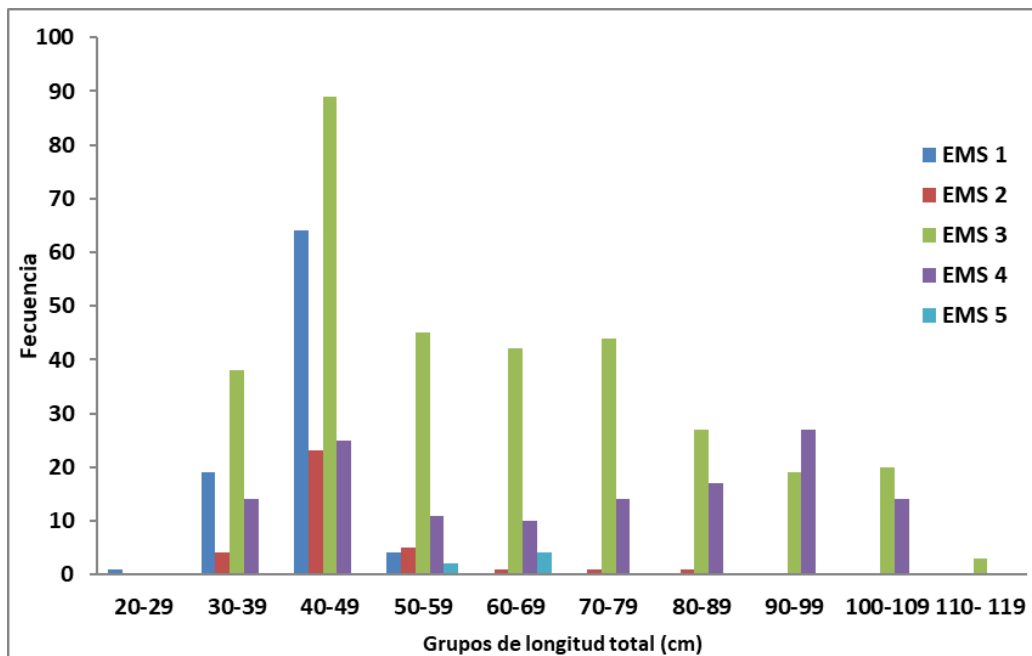
**Figura 21.** Fracci3n de merluza de cola (machos y hembras) maduros, segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2002 y 2007 a 2018. FMM: fracci3n de machos maduros, FHM: fracci3n de hembras maduras. analisis macrosc3pico.



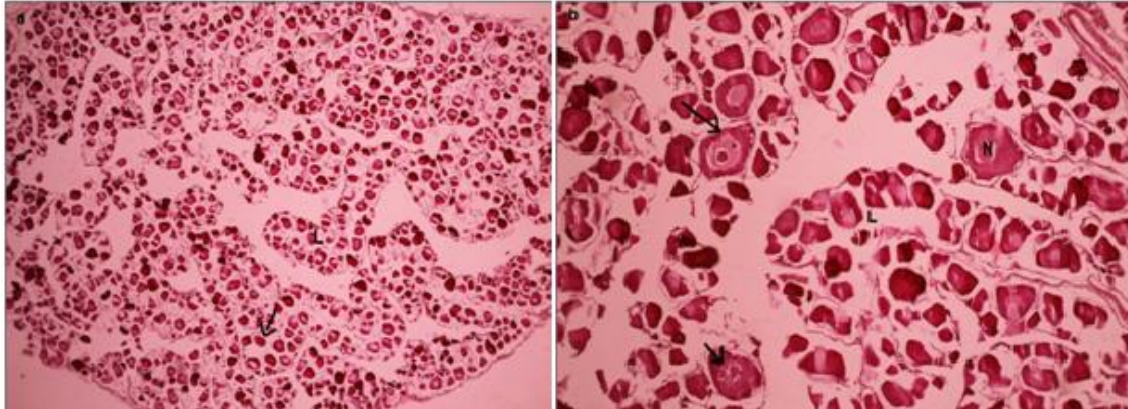
**Figura 22.** Curvas de madurez estimadas para merluza de cola (machos y hembras), segun grupos de edad, en los cruceros de evaluaci3n aros 2002 y 2007 a 2018. FMM: fracci3n de machos maduros, FHM: fracci3n de hembras maduras.



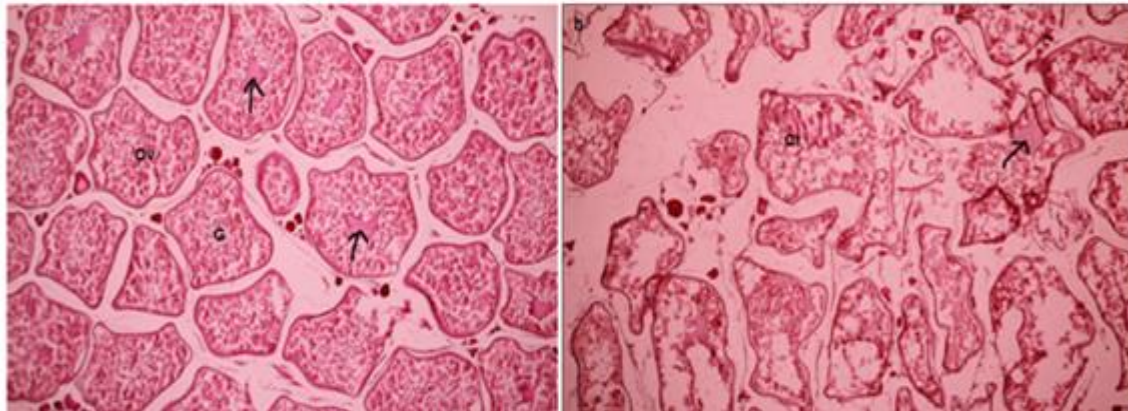
**Figura 23.** Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macrurus magellanicus* en agosto de 2018.



**Figura 24.** Distribuci3n de frecuencia de los estadios de madurez sexual en la merluza de cola *Macrurus magellanicus*, de acuerdo a grupos arbitrarios de longitud total, en agosto de 2018.

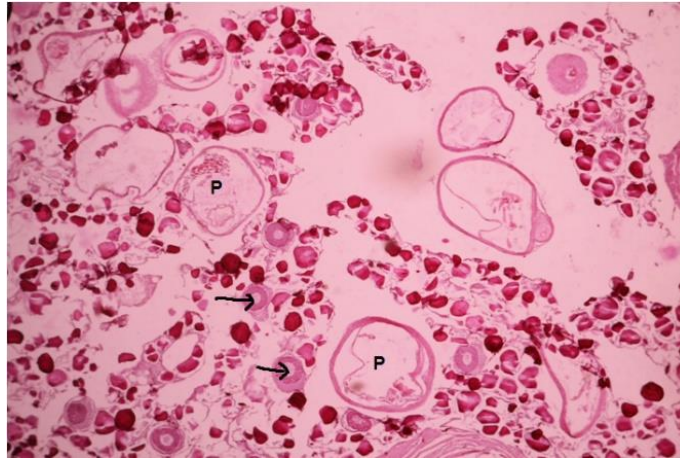


**Figura 25.** Ovarios de merluza de cola en estadios iniciales de desarrollo. a) Mc 2340. Estadio Virginal. Aumento 5x. L: Lamela; Flecha: Ovocito cromatina nuclear; Punta Flecha: pared ovárica; t: tabique fibromuscular.. b) Mc 2017. Estadio inmaduro. Aumento 10x. L: lamela; Flecha: Ovocito previtelado ; N: núcleo Perinucleolar

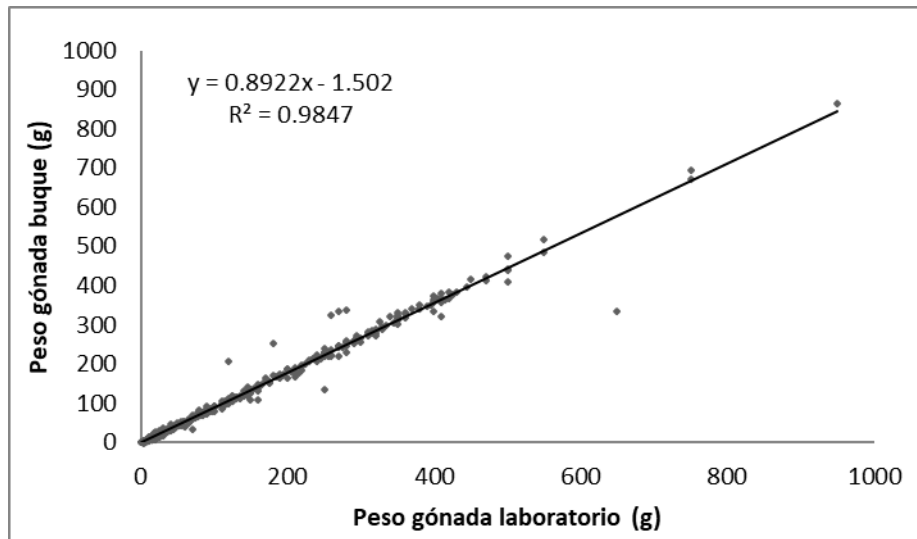


**Figura 26.** Ovarios de merluza de cola en estadios intermedios de desarrollo. a) Mc 2153. Estadio Vitelado. En Maduración. Aumento 5x. Ov: Ovocito vitelado; Flecha: Núcleo; G: Gránulos de vitelo. b) Mc 2308. Estadio ovárico Migrante. Maduro. Aumento 5x. Flecha: Vesícula Migrante; Ct: Citoplasma vitelado.

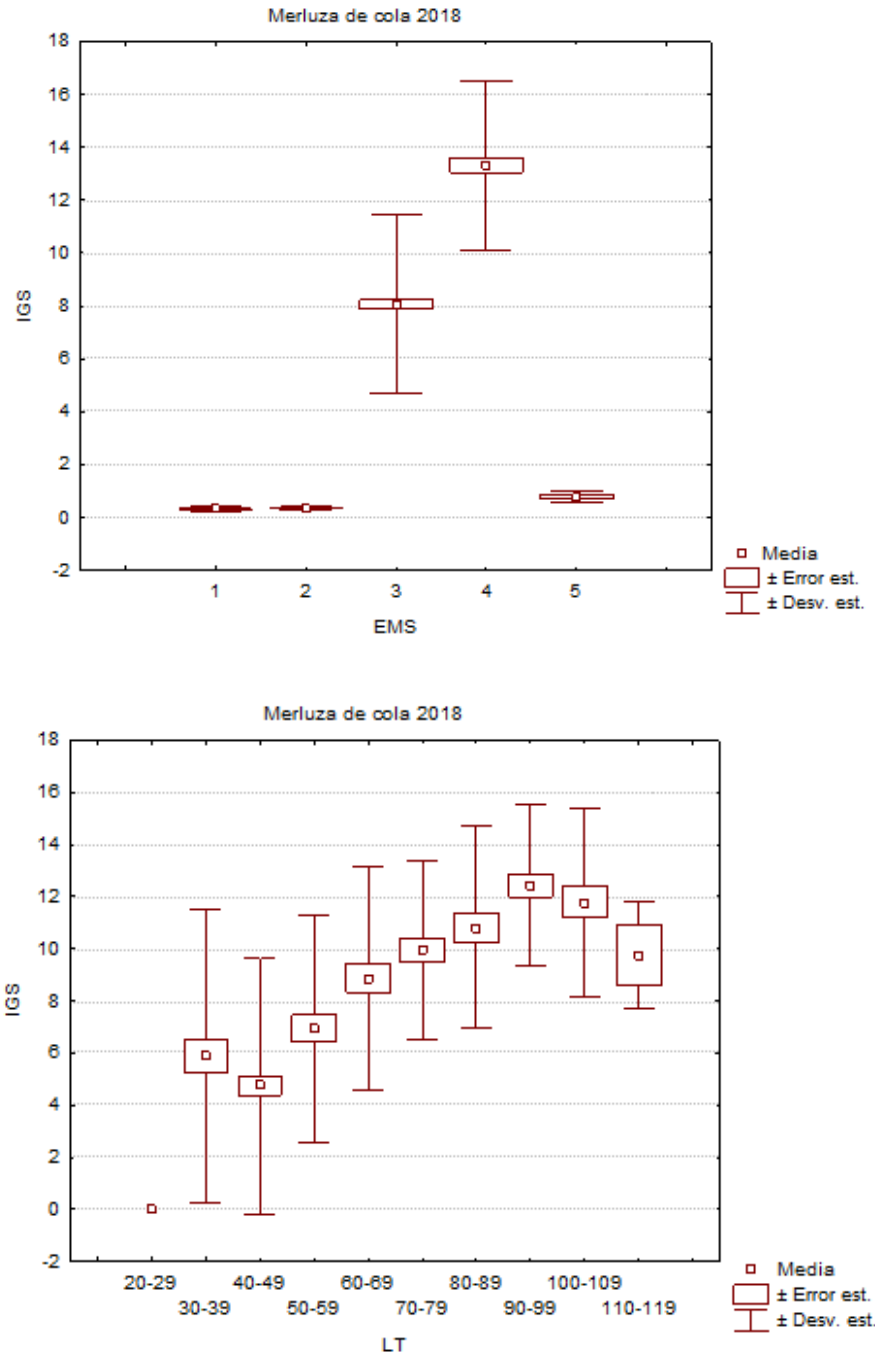




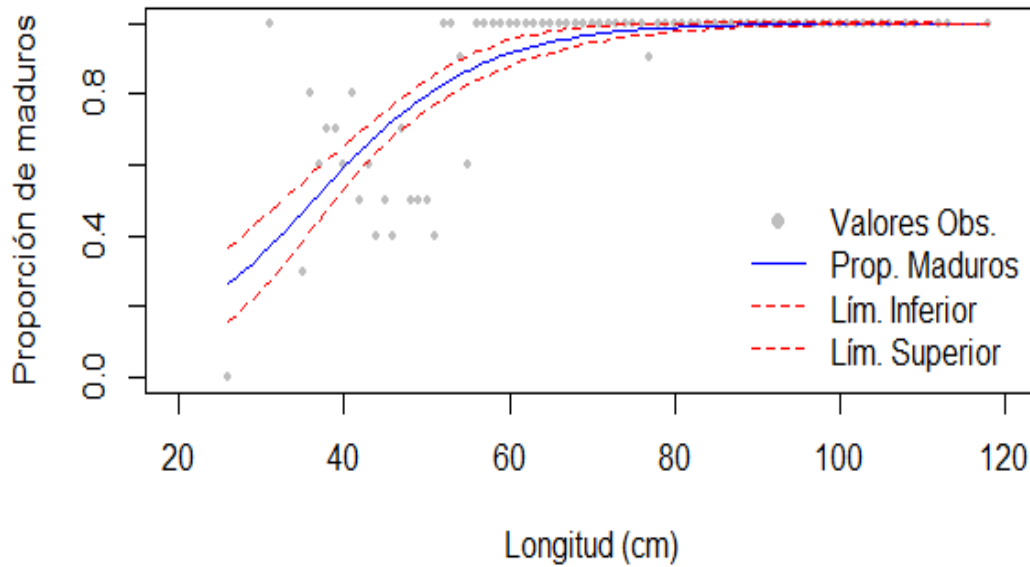
**Figura 27.** Ovario de merluza de cola en estadio final de desarrollo. Mc 2725. Estadio Post Desove. Aumento 20x. Ov: ovocito previtelogénico; N: núcleo; Punta flecha; nucléolo; a: atresia folicular; Flecha: ligazón muscular con vaso sanguíneo



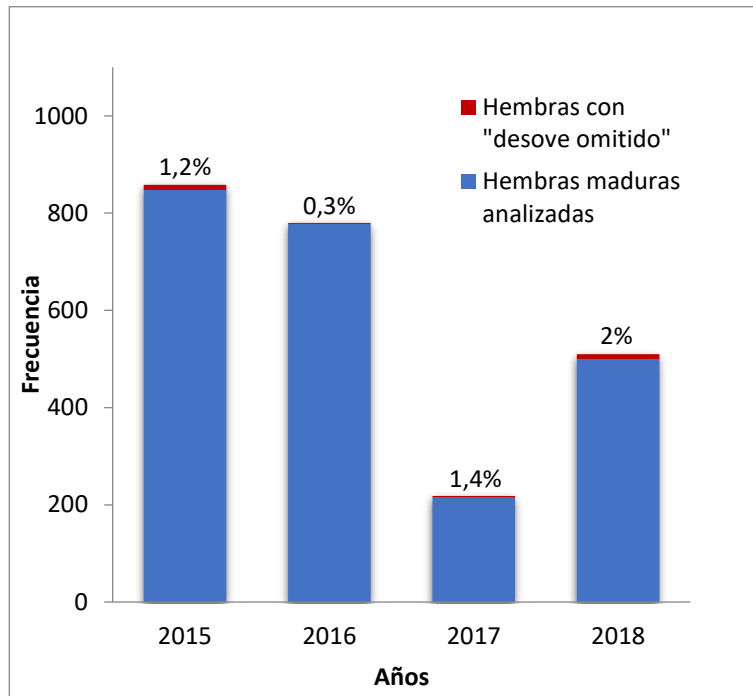
**Figura 28.** Relación entre el peso de la gónada obtenido a bordo del buque y la registrada en el laboratorio en ejemplares de merluza de cola *Macruronus magellanicus*.



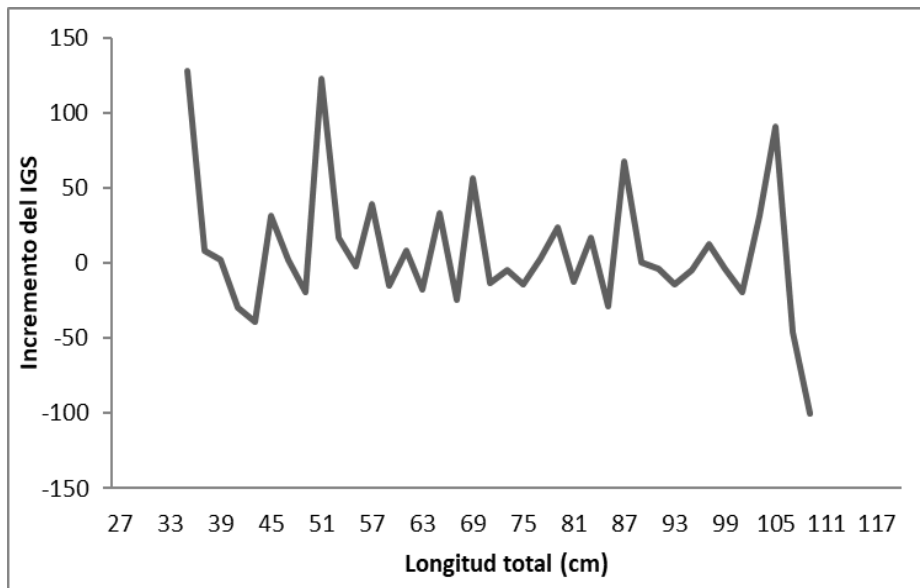
**Figura 29.** Valor promedio del índice gonadosomático (IGS)  $\pm$  la desviaci3n estandar y el error estandar, para cada uno de los estadios de madurez sexual y rango de tallas de la merluza del sur *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.



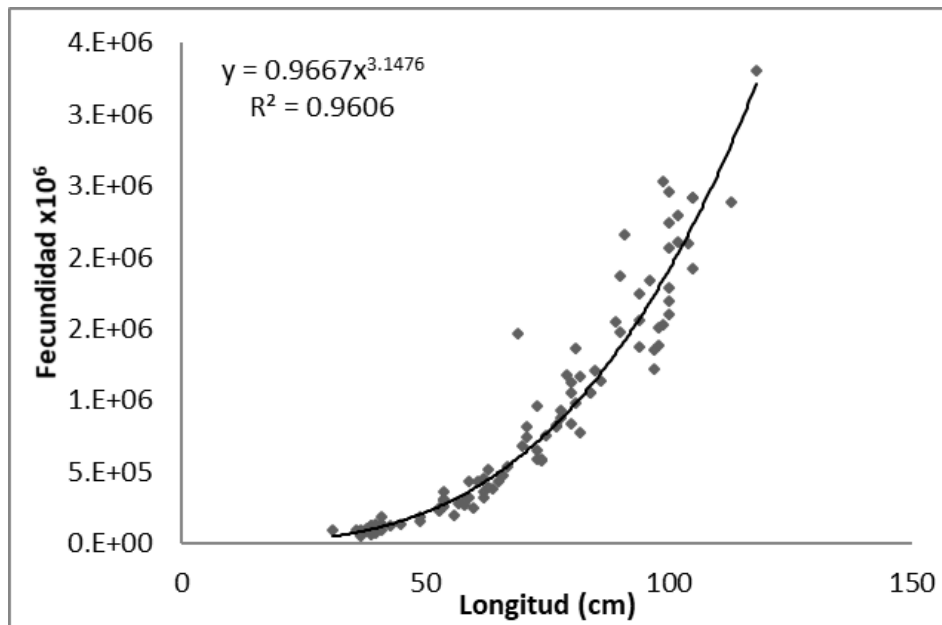
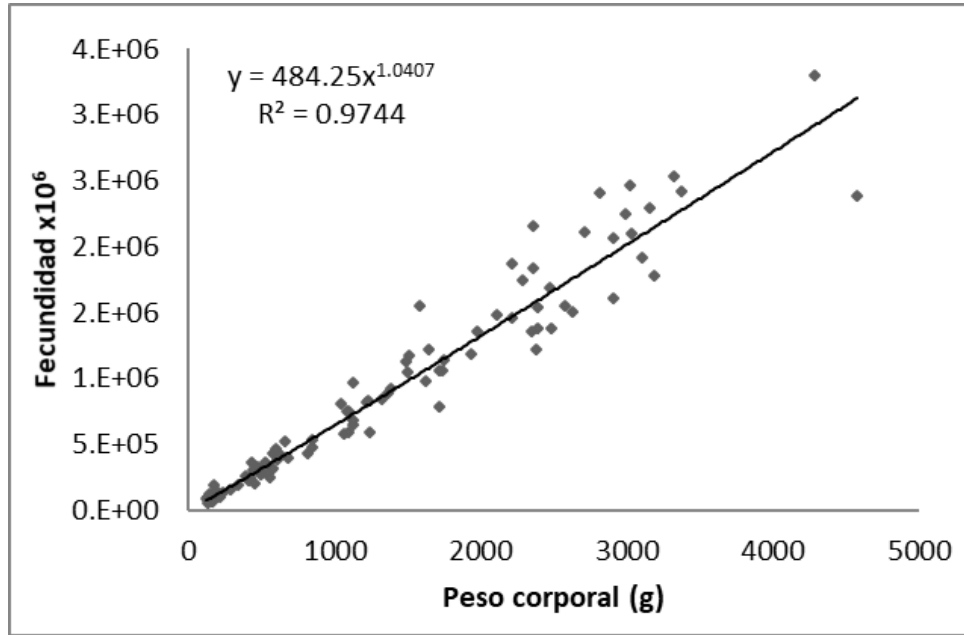
**Figura 30.** Ojiva de madurez sexual de la merluza del sur *Macruronus magellanicus* en agosto de 2018, con límites de confianza del 95%. Ajuste de los datos a un modelo lineal generalizado. análisis microscópico.



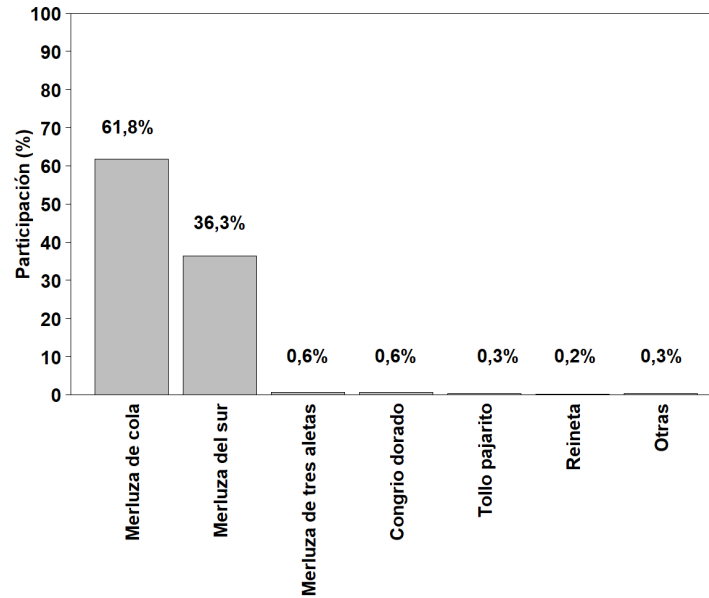
**Figura 31.** Porcentaje de hembras con desove omitido respecto al total de hembras maduras en merluza de cola, años 2015, 2016, 2017 y 2018.



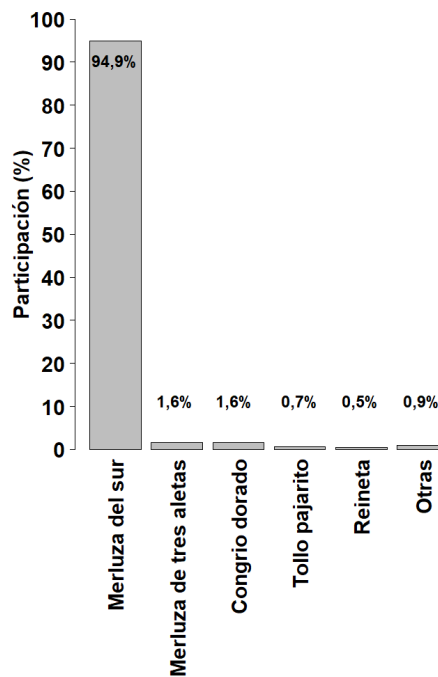
**Figura 32.** Incremento relativo del índice gonadosomático (IR.IGS) en la merluza de cola *Macrurus magellanicus*, en agosto de 2018.



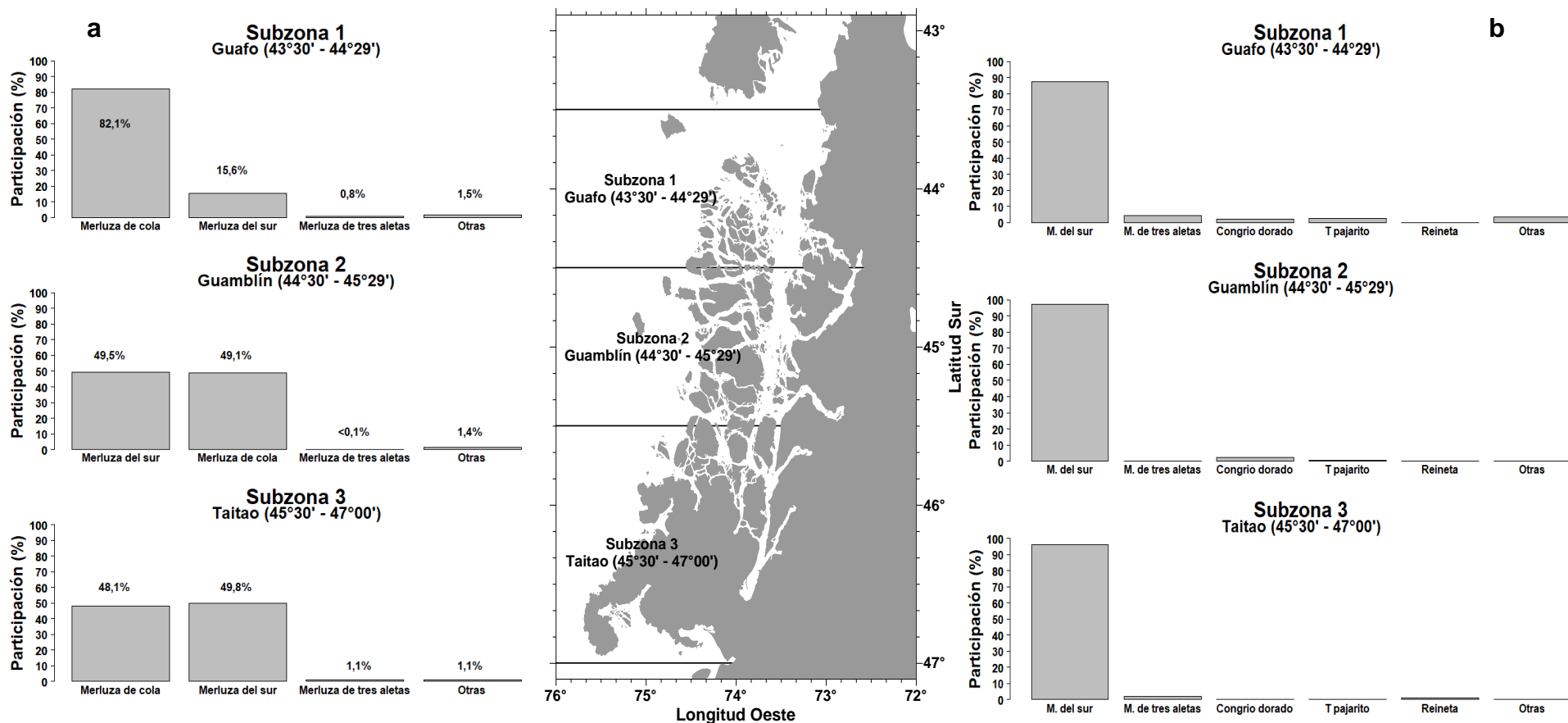
**Figura 33.** Relación entre la fecundidad modal con a) el peso del cuerpo menos el peso de la gónada y b) la longitud total. Merluza del sur *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.



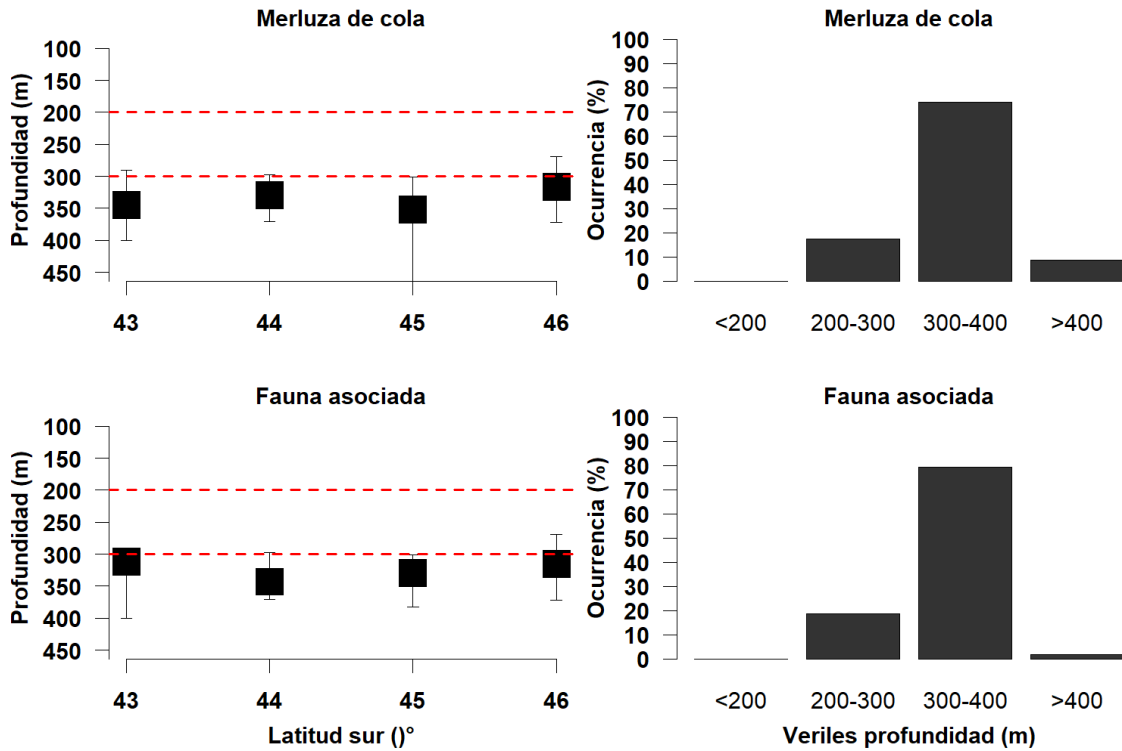
**Figura 34.** Participaci3n de las principales especies capturadas, respecto captura total estandarizada crucero 2018.



**Figura 35.** Participaci3n de la fauna acompa1ante de merluza de cola, a1o 2018.



**Figura 36.** Participación (%) respecto de la captura total estandarizada por subzona de: **a)** principales especies capturadas durante el crucero; **b)** fauna acompañante de merluza de cola, año 2018.



**Figura 37.** Distribución y frecuencia de ocurrencia por veril de profundidad de merluza de cola y su fauna acompañante, año 2018.



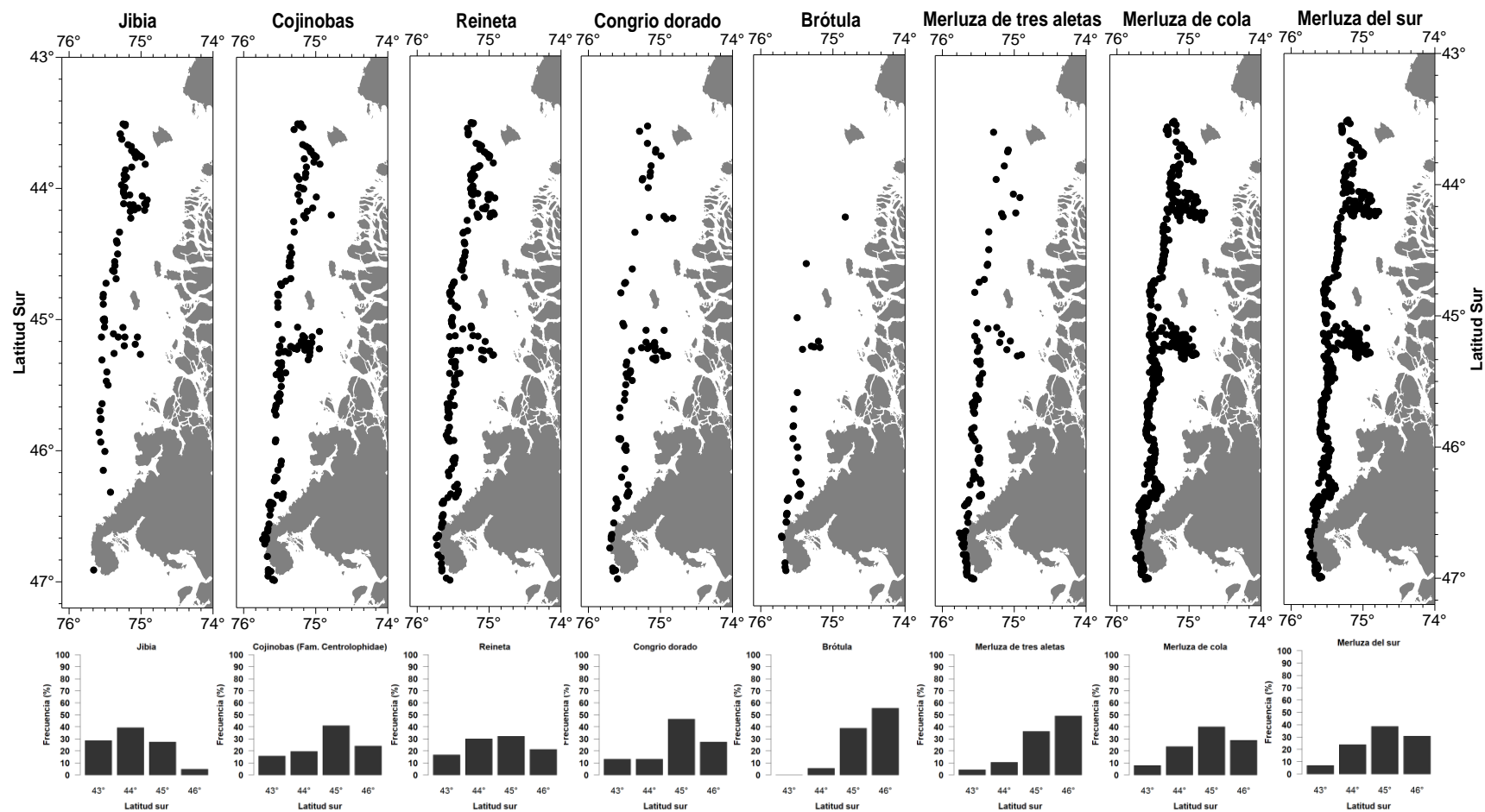
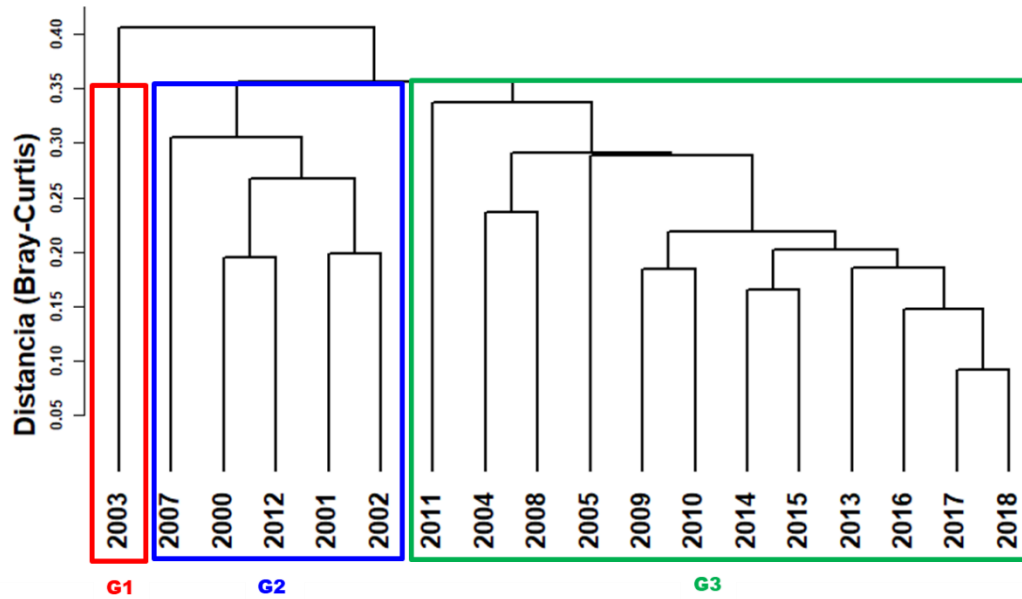
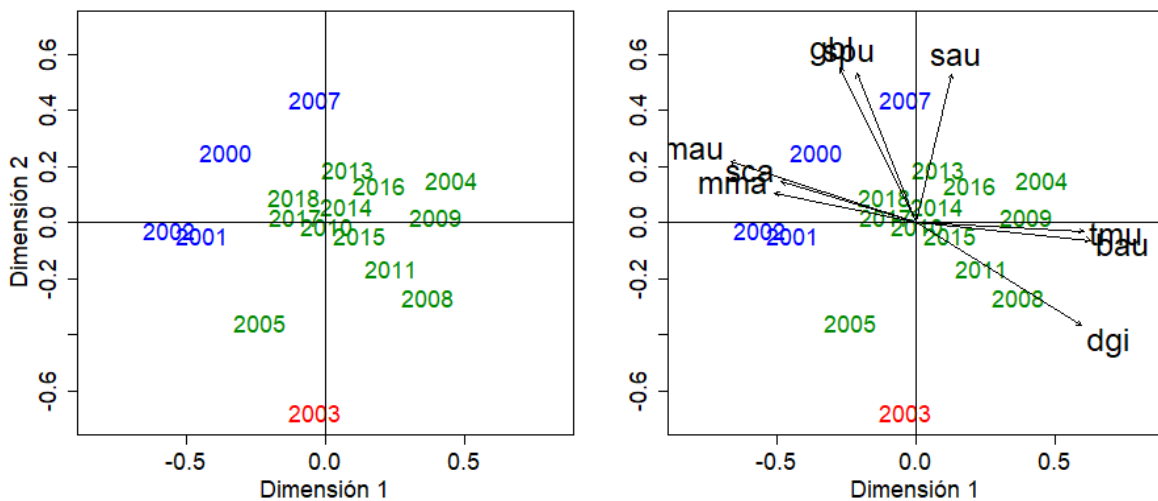


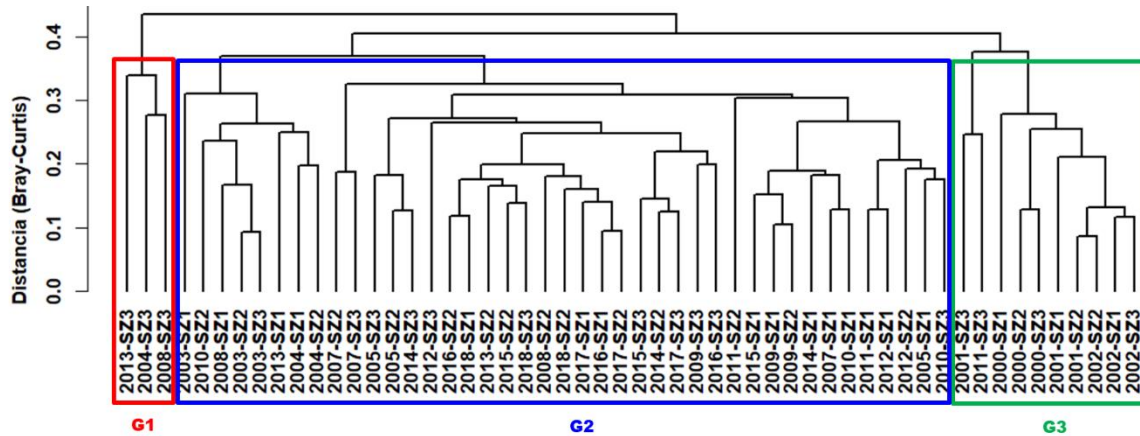
Figura 38. Distribución latitudinal histórica de las especies con mayor recurrencia en las capturadas de los cruceros de evaluación directa.



**Figura 39.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2018.

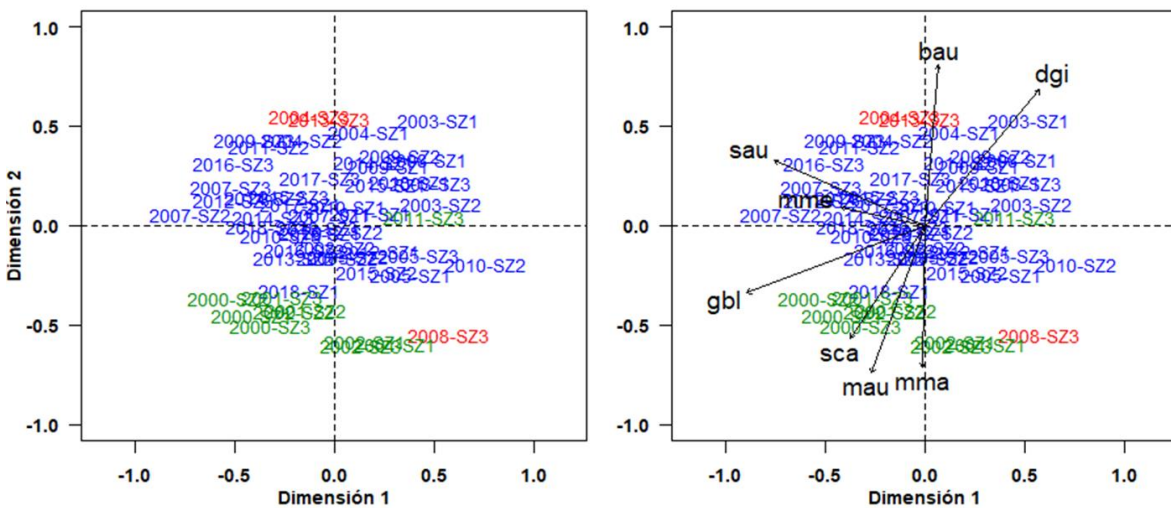


**Figura 40.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros de evaluación directa. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbu), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).

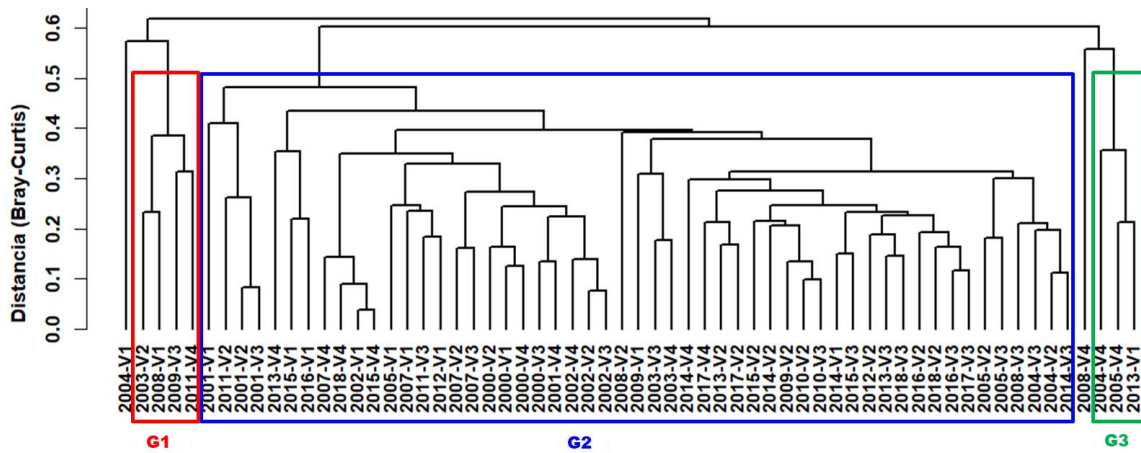


SZ 1=Guafu (43°30'-44°29'); SZ 2=Guablín (44°30'-45°29'); SZ 3= Taitao (45°30'-47°00')

**Figura 41.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2018.

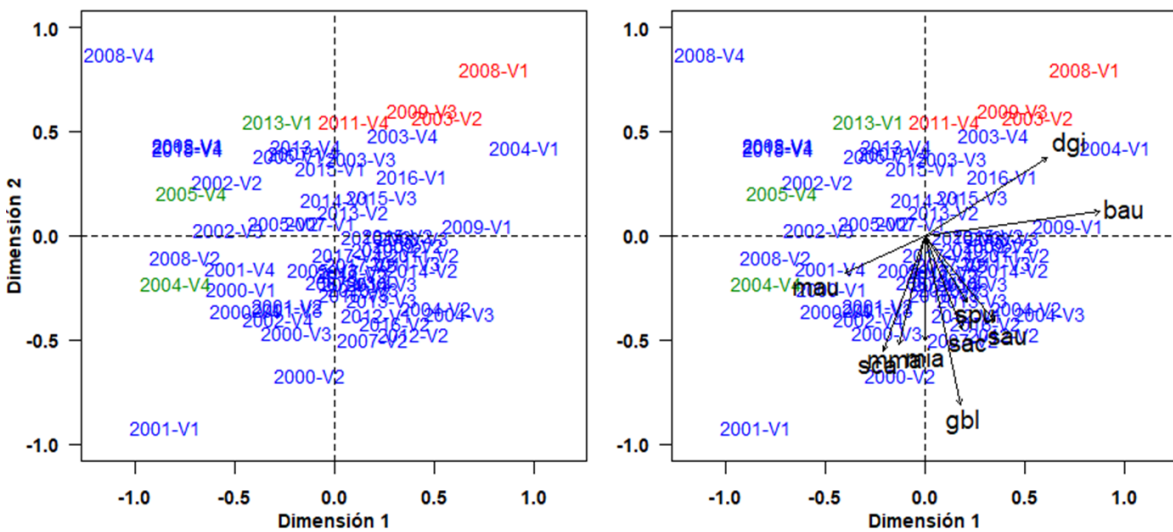


**Figura 42.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por subzona de evaluación. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbl), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).

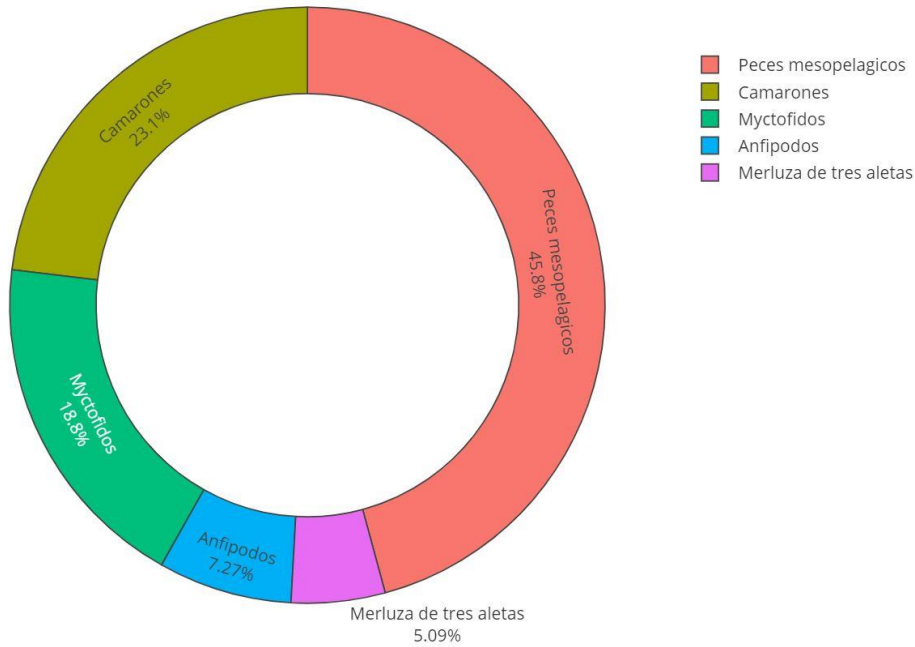


V1 = < 200 m; V2 = 200 m – 300 m; V3 = 300 m – 400 m; V4 = > 400 m

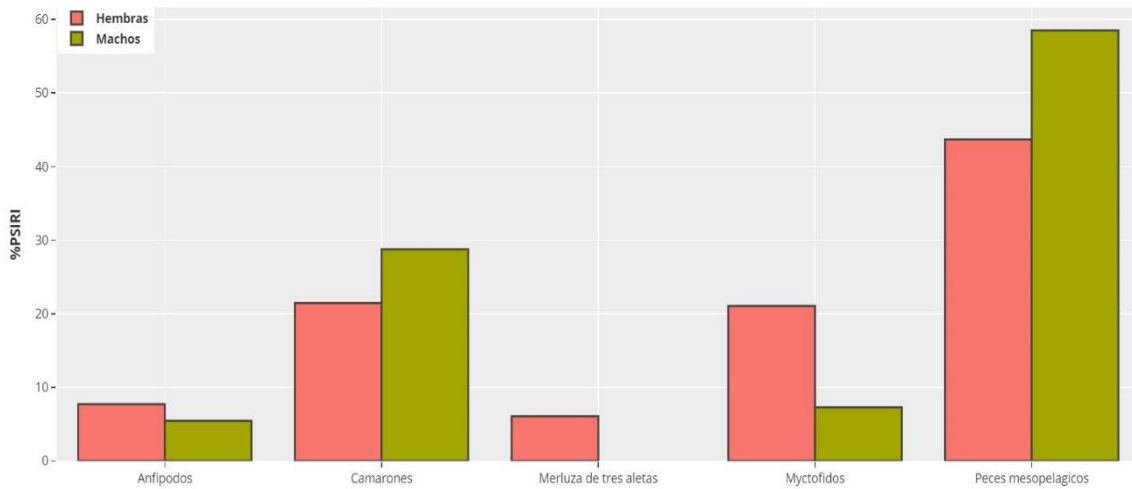
**Figura 43.** Resultado gráfico del análisis de clasificación por conglomerados de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2018.



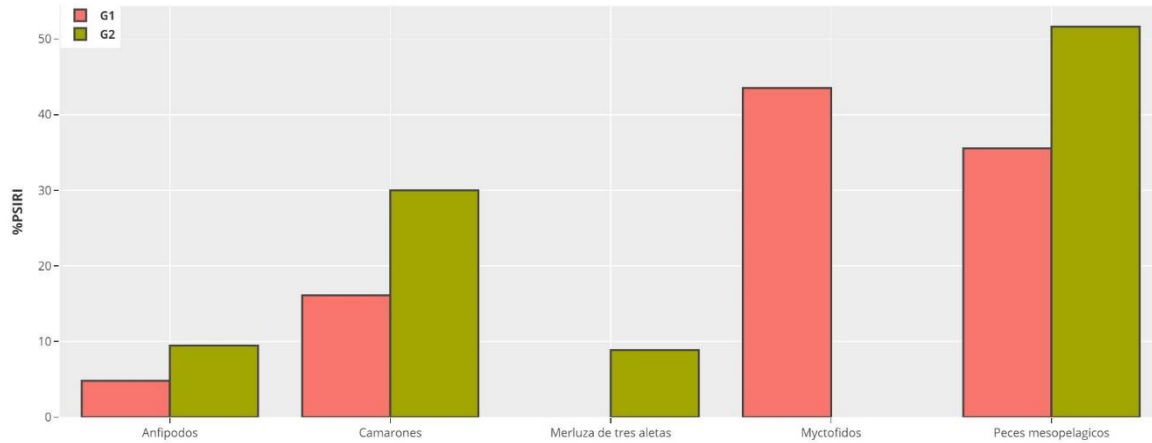
**Figura 44.** Resultado gráfico del análisis de ordenación (NMDS) de los cruceros agrupados por veril de profundidad. Evaluaciones 2000 a 2018. Donde Reineta (bau), Jibia (dgi), Congrio dorado (gbl), Merluza del sur (mau), Merluza de cola (mma), Brótula (sau), Cojinoba moteada (spu), Jurel (tmu).



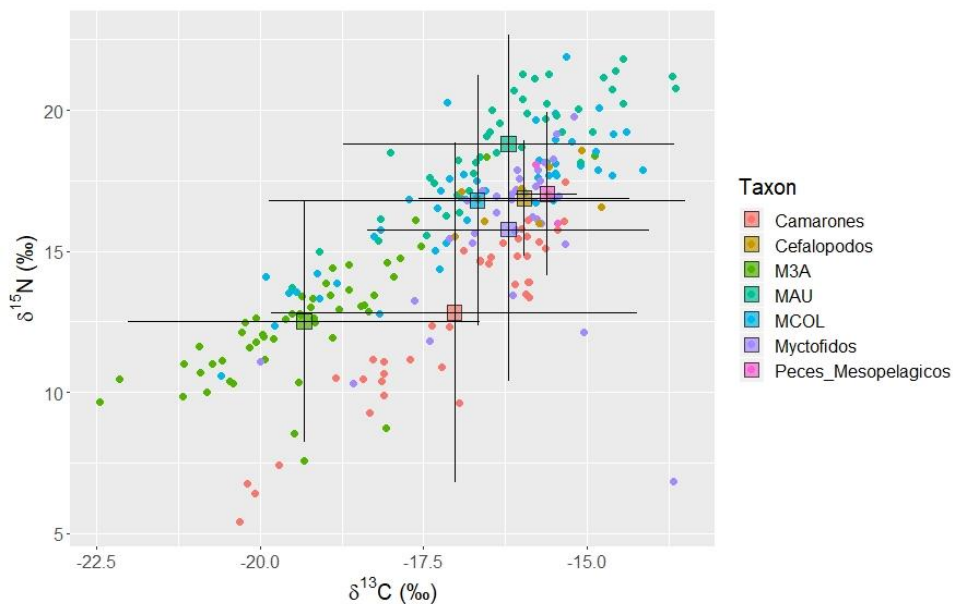
**Figura 45.** Dieta de la merluza de cola en base al contenido estomacal observado.



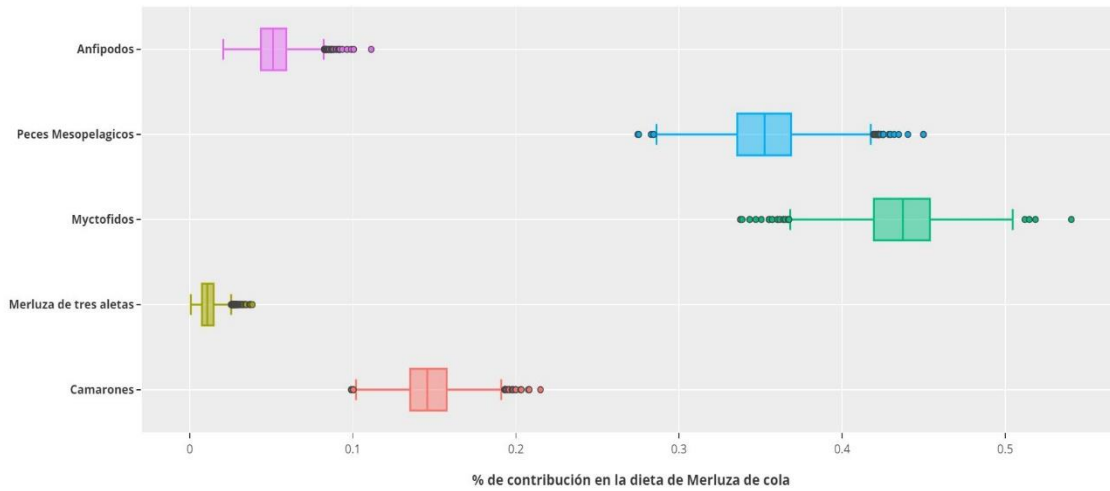
**Figura 46.** Dieta por sexos de la merluza de cola en base al contenido estomacal observado. Donde eje PSIRI = Resultado de los modelos de mezcla de SIAR.



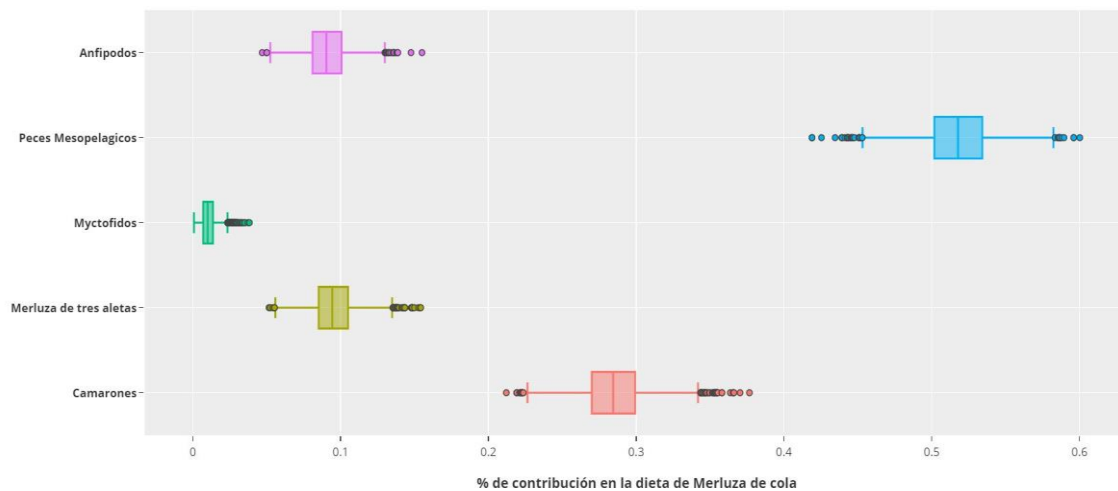
**Figura 47.** Dieta por grupos de tamaños de la merluza de en base al contenido estomacal observado. Donde eje PSIRI (Resultado de los modelos de mezcla de SIAR) y G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.



**Figura 48.** Bi-plot del sistema estudiado durante el crucero 2018. (M3A; Merluza de tres aletas, MCOL; Merluza de cola, MAU; merluza del sur).



**Figura 49.** Porcentaje de contribuci3n de las presas en la dieta de la merluza de cola del grupo G1, cruceo 2018.



**Figura 50.** Porcentaje de contribuci3n de las presas en la dieta de la merluza de cola del grupo G2, cruceo 2018.

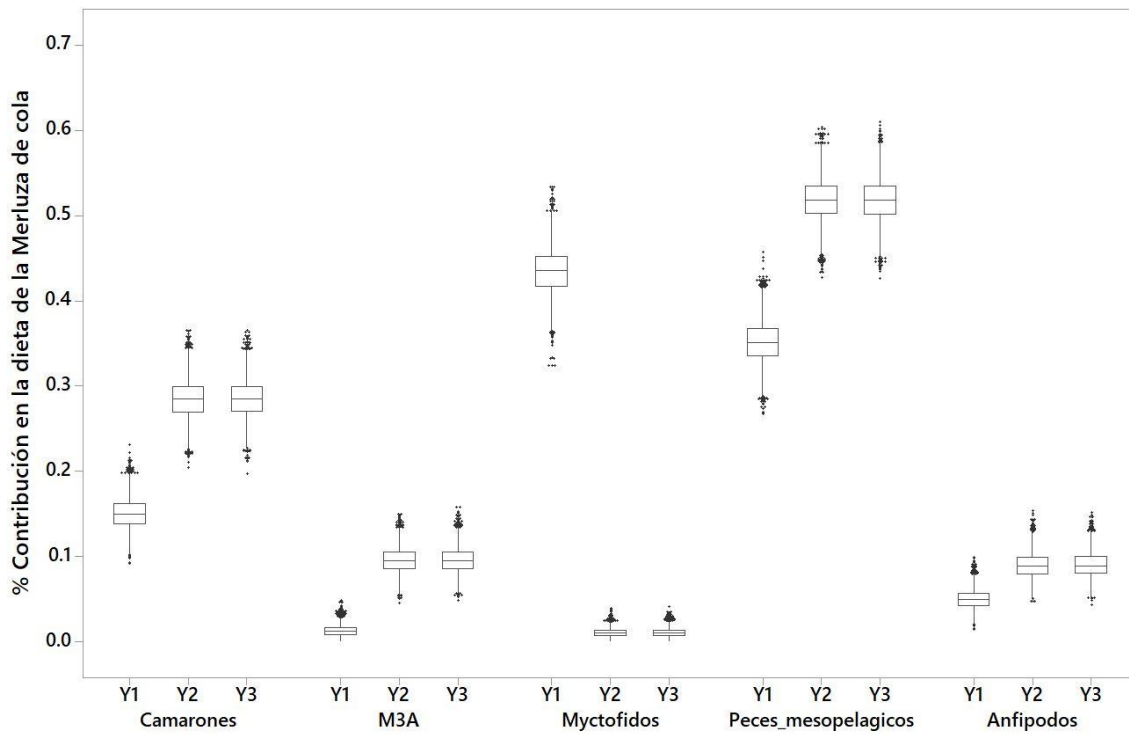


Figura 51. Porcentaje de contribución de las presas en la dieta de la merluza de cola por grupo Y1, Y2 y Y3, crucero 2018.



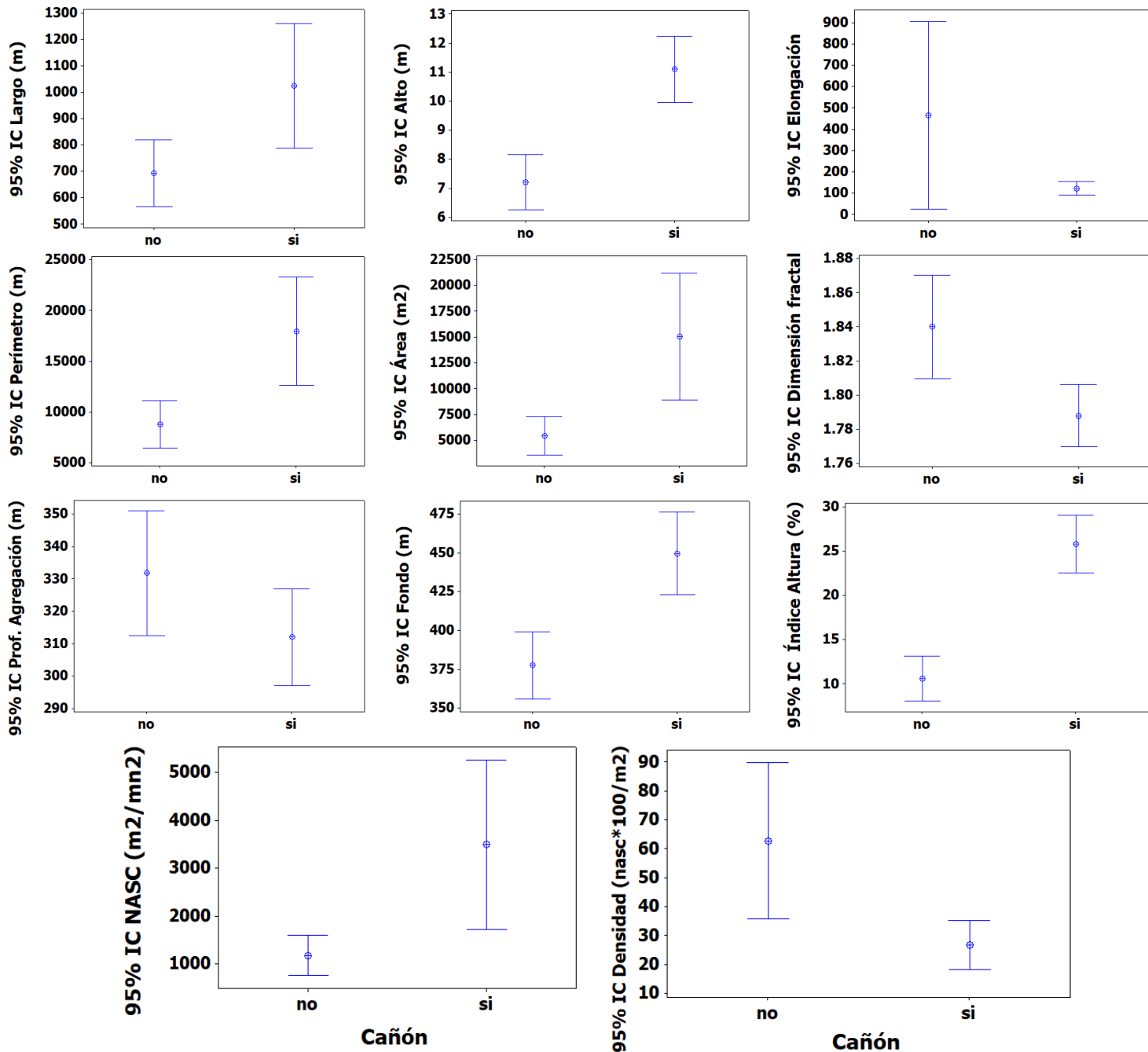


Figura 52. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores: morfol3gicos largo, alto y elongaci3n, perimetro, 1rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 1ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Dentro del ca3n (si) y fuera del ca3n (no). Agosto 2018.

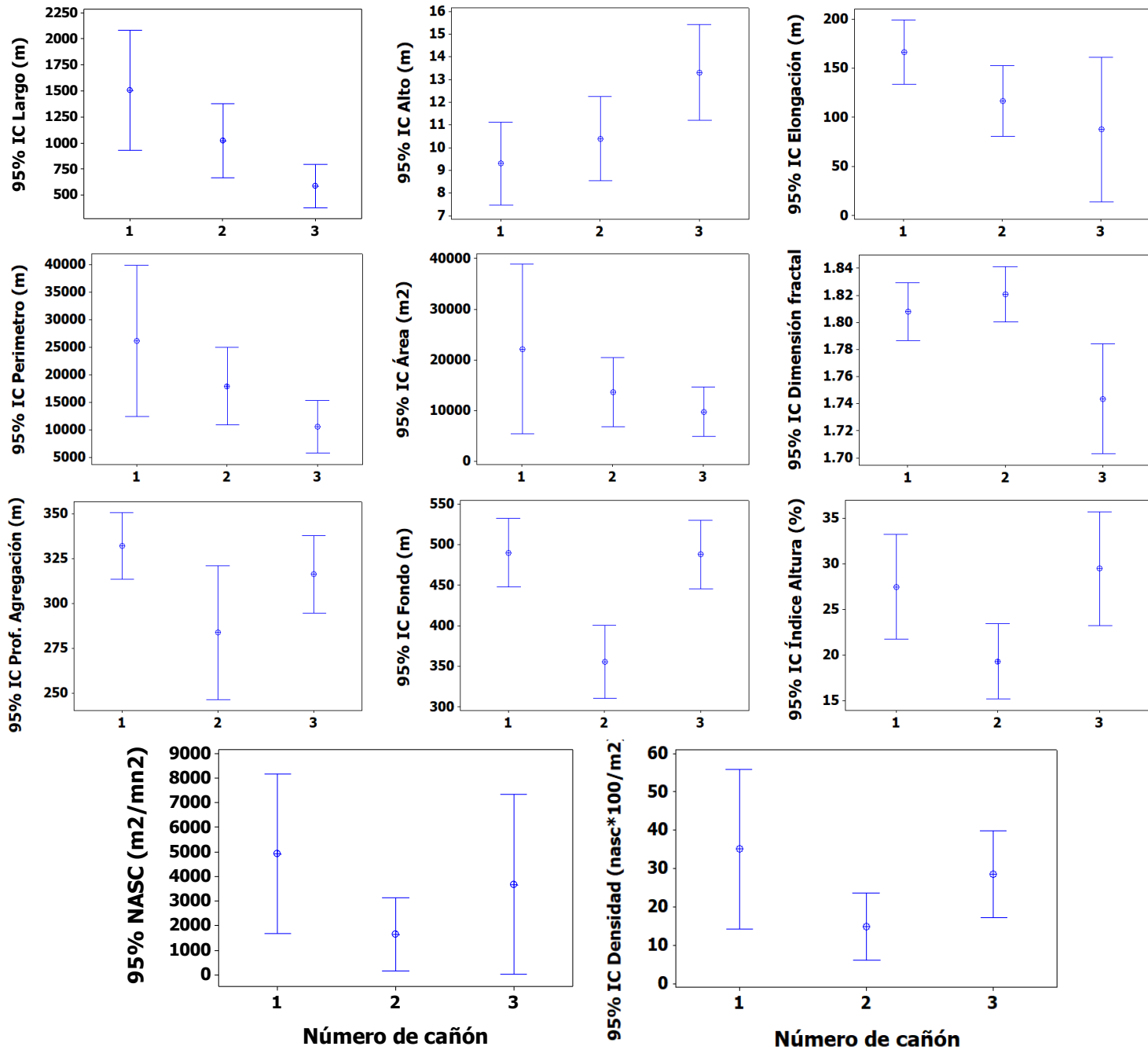


Figura 53. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, perimetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energ3a retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg3n cañ3n. Agosto 2018.

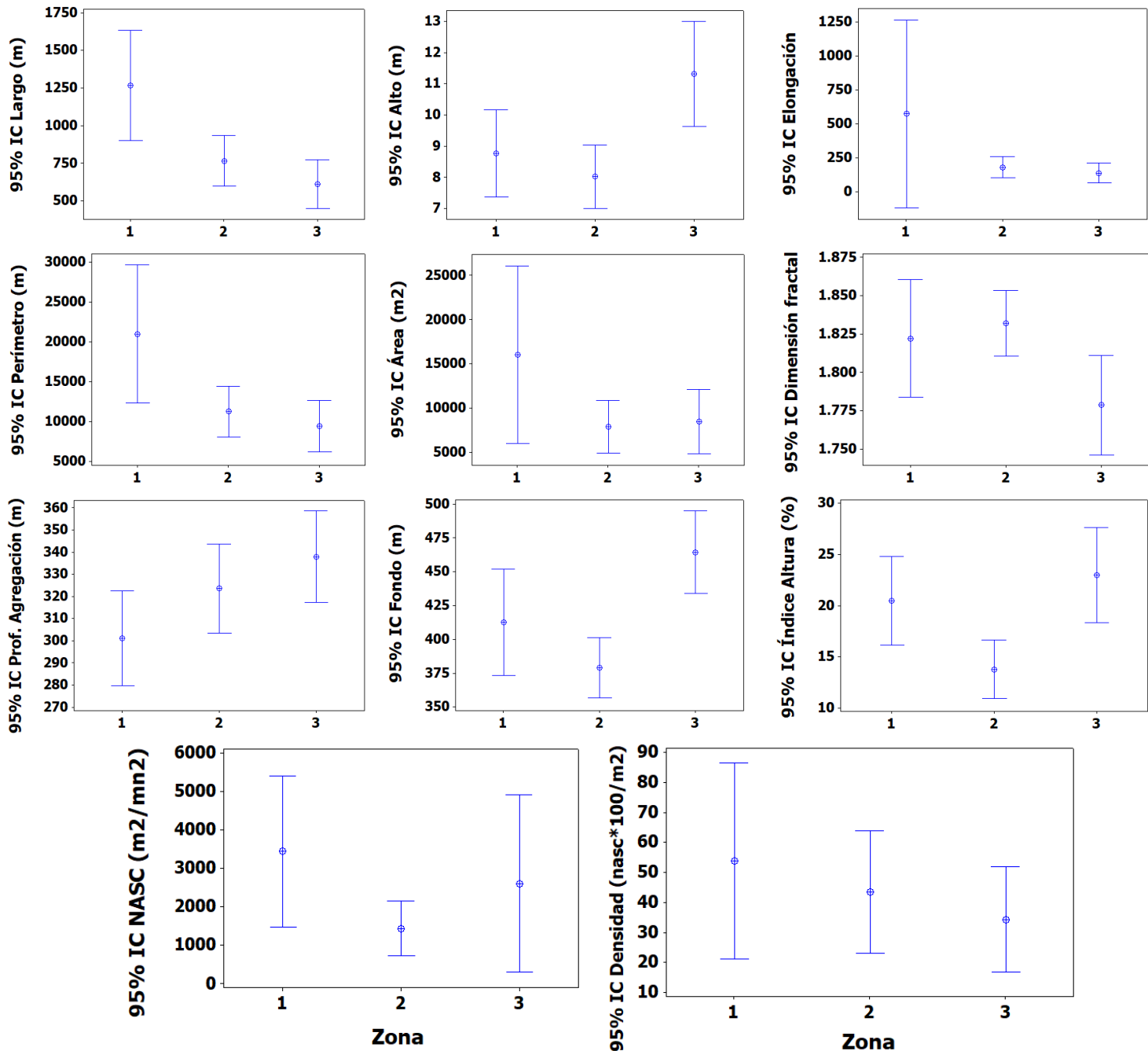
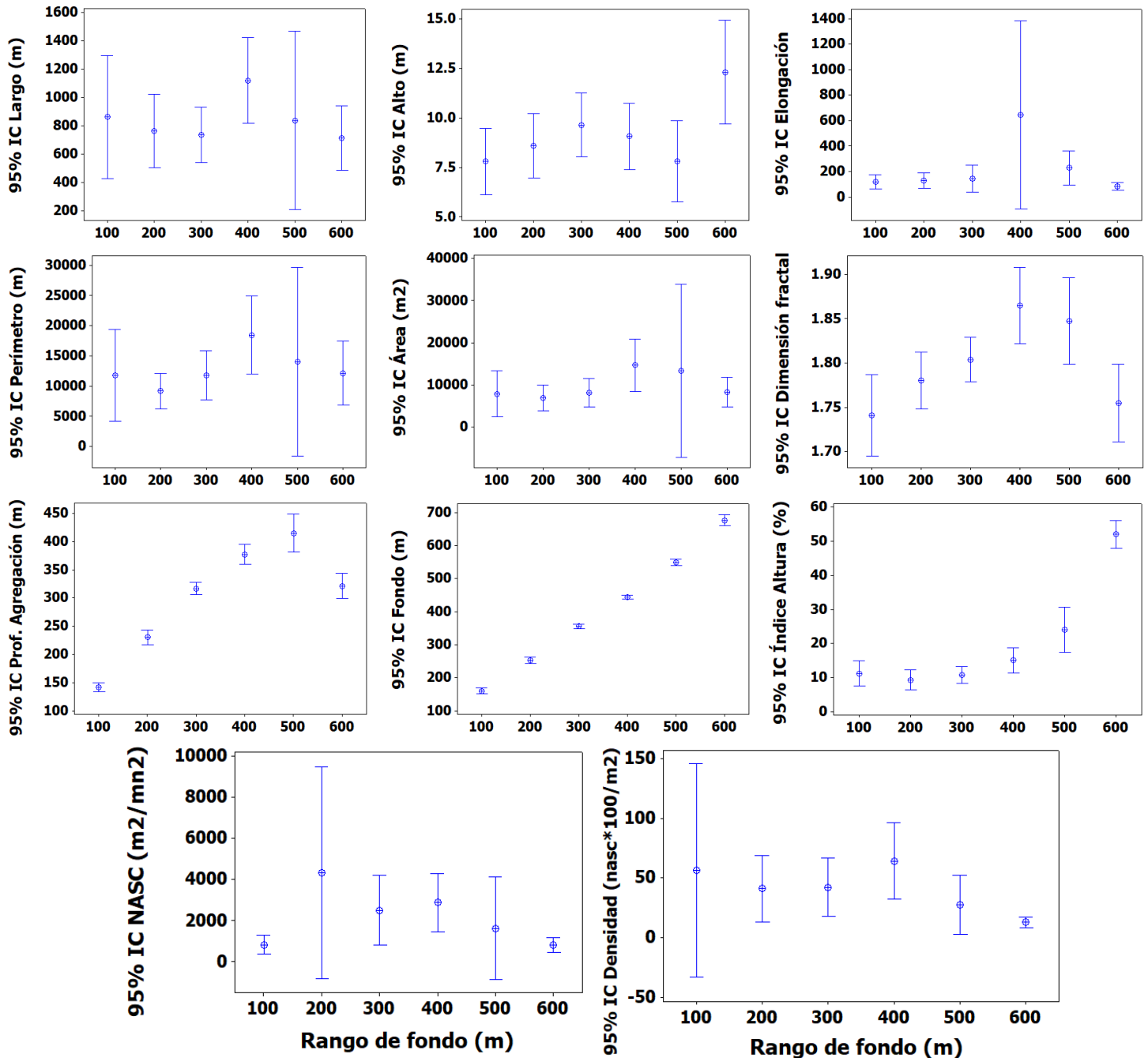


Figura 54. Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, permetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg3n zona. Agosto 2018.



**Figura 55.** Valor promedio e intervalo de confianza de los descriptores morfol3gicos de largo, alto, elongaci3n, permetro, 3rea y dimensi3n fractal; descriptores batim3tricos de profundidad de agregaciones, profundidad del fondo e 3ndice de altura; descriptores de energa retrodispersada (NASC) y densidad ac3stica (NASC\*100/m<sup>2</sup>). Seg3n rango de fondo. Agosto 2018.

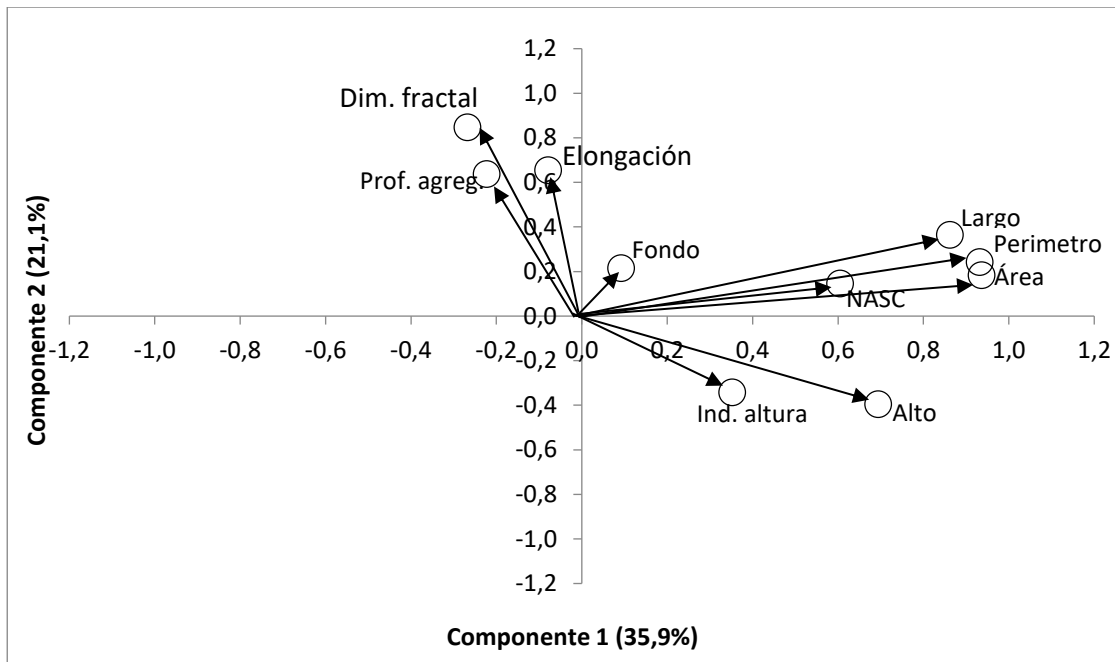
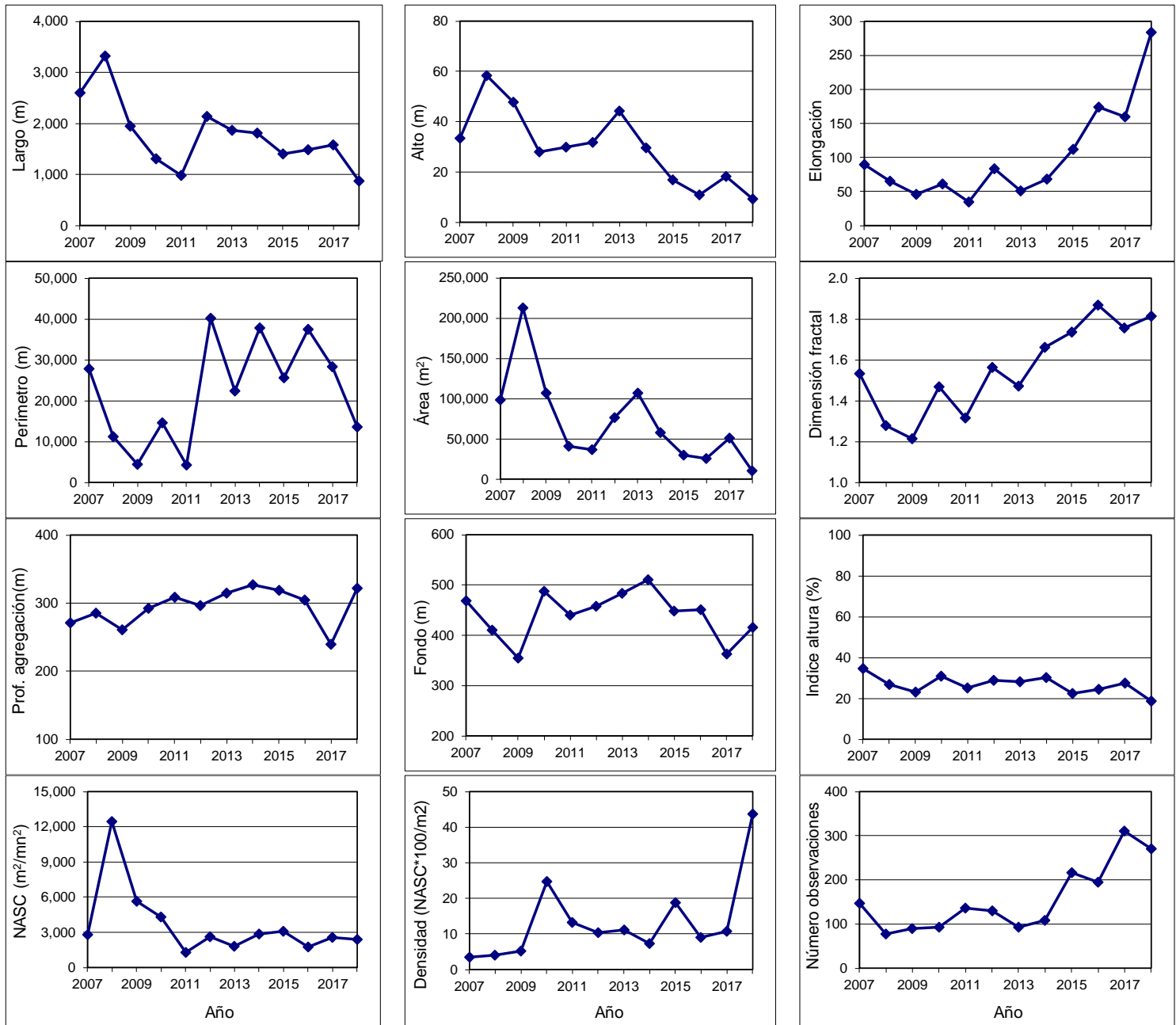


Figura 56. Correlación de las variables originales con los dos primeros componentes. Agosto 2018.



**Figura 57.** Valores promedio de descriptores morfol3gicos (largo, alto, elongaci3n, per3metro, 3rea y dimensi3n fractal), batim3tricos (profundidad agregaci3n, profundidad fondo e 3ndice de altura) y de energ3a (NASC y densidad). Años 2007-2018.

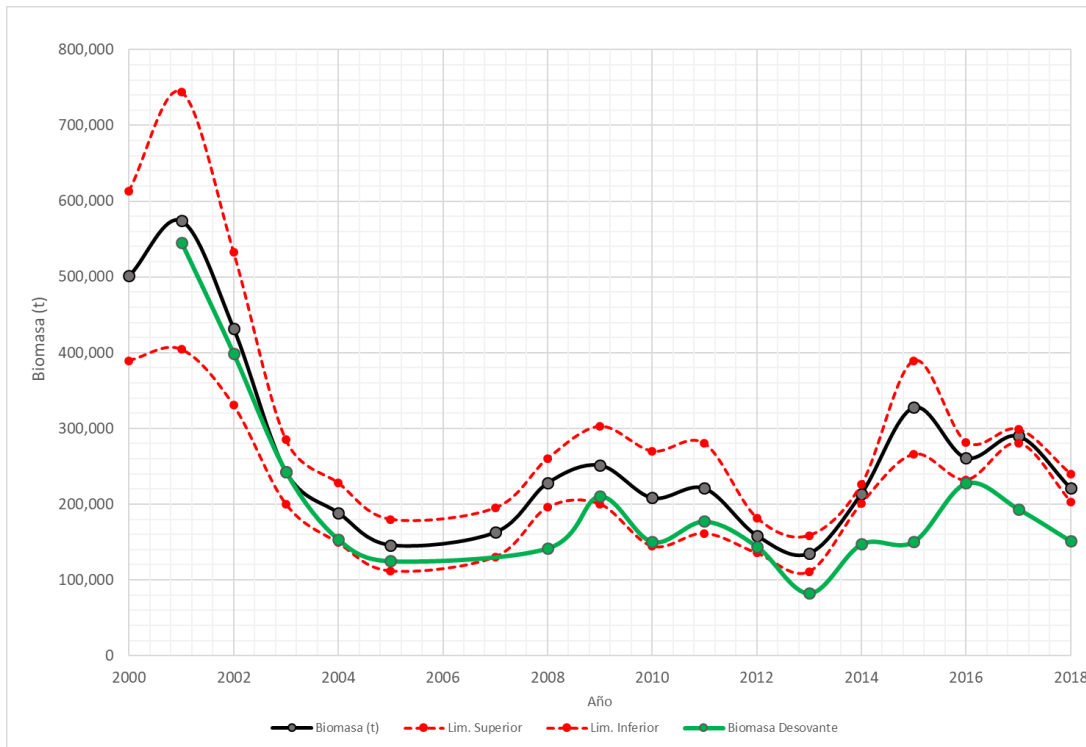


Figura 58. Biomasa total y desovante (t) hist3rica de merluza de cola.

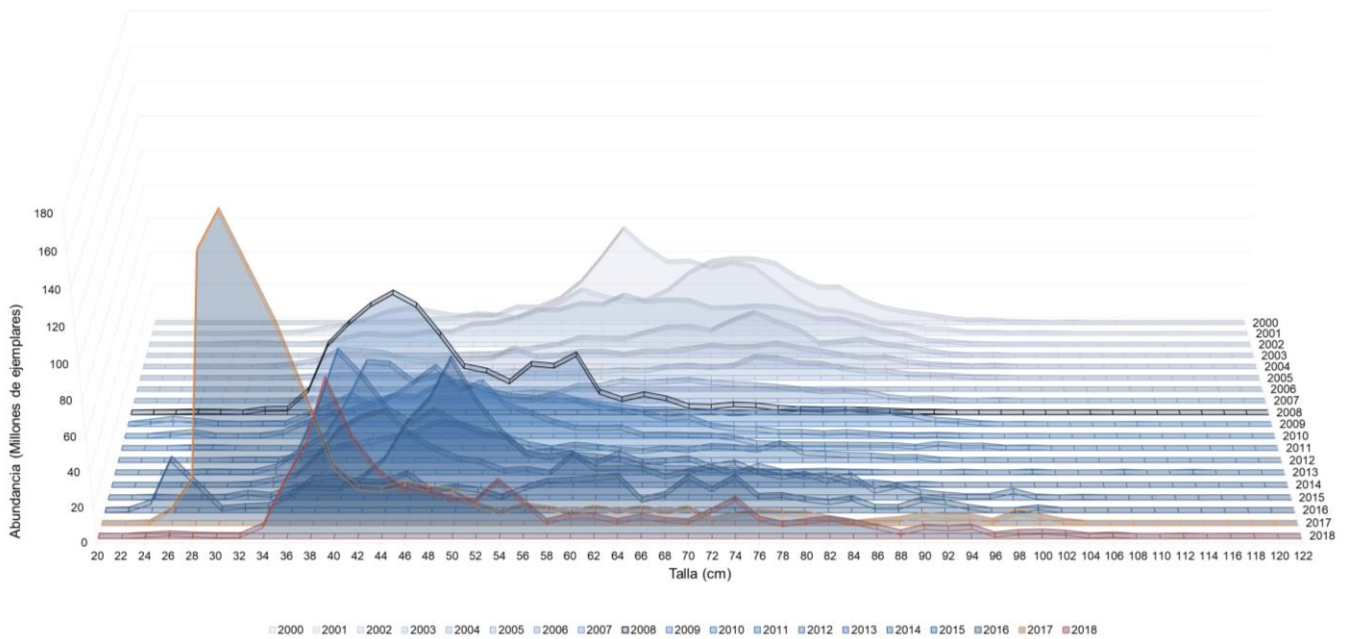


Figura 59. Abundancia (millones de ejemplares) a la talla hist3rica (2000 a 2018) merluza de cola.



# T A B L A S

---





**Tabla 1**

Estimaciones de biomasa y abundancia de merluza de cola. Valores obtenidos en estudios de prospección acústica realizados en el período 2000-2017.

<b>Año</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Especie</b>	<b>Biomasa (t)</b>	<b>Abundancia (N°)</b>
2000	FIP 2000-14	Merluza de cola	501.252	418.035.460
2001	FIP 2001-19	Merluza de cola	574.415	660.605.769
2002	FIP 2002-19	Merluza de cola	431.900	453.282.598
2003	FIP 2003-09	Merluza de cola	242.784	235.700.170
2004	FIP 2004-07	Merluza de cola	188.600	215.366.909
2005	FIP 2005-04	Merluza de cola	146.000	133.329.876
2007	FIP 2007-12	Merluza de cola	162.779	161.135.593
2008	FIP 2008 11	Merluza de cola	227.921	495.812.800
2009	FIP 2009-09	Merluza de cola	251.481	355.578.564
2010	Pesca Investigación	Merluza de cola	208.276	382.737.551
2011	FIP 2011-04	Merluza de cola	220.867	451.096.433
2012	FIP 2012-07	Merluza de cola	158.680	239.634.262
2013	FIP 2013-13	Merluza de cola	134.854	428.107.397
2014	ASIPA 2014	Merluza de cola	213.799	390.144.161
2015	ASIPA 2015	Merluza de cola	327.729	637.430.831
2016	ASIPA 2016	Merluza de cola	261.111	408.942.914
2017	ASIPA 2017	Merluza de cola	289.935	958.744.916



**Tabla 2.**

Escala de madurez sexual para merluza de cola, *Macruronus magellanicus*, basada en características macroscópicas y microscópicas de la gónada, según Balbontín y Fischer (1981), modificada para la merluza de cola (Troncoso, 2004).

<p>(1) <b>Virginal:</b> gónada pequeña (menor a 5 cm), filiforme de pared delgada y con ovocitos muy pequeños, los cuales son translucidos y homogéneos por cuanto aún no se inicia el proceso de vitelogénesis. Los ovocitos deben medir 0,15 mm o menos</p>
<p>(2) <b>Inmaduro:</b> gónada pequeña (app. 5 cm), de paredes firmes y gruesas. La vitelogénesis en la mayoría de los ovocitos se inicia entre los 0,15 y 0,18 mm. Existe una mezcla de ovocitos translucidos y vitelados. La mayoría de los ovocitos deben medir sobre los 0,15 mm y los mas grande deberían estar alrededor de los 0,35 a 0,45 mm</p>
<p>(3) <b>En maduración:</b> gónada mediana (superior a 5 cm) de color amarillo pálido. En su mayoría los diámetros de los ovocitos deben encontrarse en un rango igual o superior a 0,45 mm y hasta los 0,85 mm, aunque puede que algunos pocos lleguen hasta los 0,89 mm sin hidratarse. Los ovocitos en este estado ya son visibles a simple vista.</p>
<p>(4) <b>Maduro:</b> generalmente la gónada posee un mayor tamaño que en los estados anteriores, paredes delgadas, de color amarillo a blanco opaco transparente. Una característica propia de este estado es que un 15% o más de los ovocitos se encuentran hidratados y se puede observar la gota oleosa. A simple vista se aprecia la diferencia entre los hidratados (mas grandes y blanquecinos) y aquellos que no lo están (color amarillento). El diámetro de los ovocitos hidratados va desde 0,86 mm llegando a superar el milímetro de diámetro.</p>
<p>(5) <b>En regresión:</b> gónada de aproximadamente 6 cm, de paredes gruesas, rugosa y de coloración parda oscura a sanguinolenta, con escasos ovocitos visibles hidratados o en regresión (atrésicos). Ovocitos no visibles en su mayoría, con diámetros entre los 0,15 y 0,18 mm vitelados.</p>



**Tabla 3.**

Criterios citológicos e histológicos para la definición de estadios de madurez gonadal en peces teleósteos. FPO, folículo postovulatorio; VG, vesícula germinal.

<b>Estadio gonadal</b>	<b>Caracterización histológica del parénquima gonadal</b>
<b>I Virginal</b>	Parénquima representado por ovocitos premeióticos (ovocitos primarios en leptoteno) citoplasma basófilo, escaso, núcleo cromatínico. Lumen amplio y lamelas pequeñas de base ancha.
<b>II Inmaduro</b>	Lamelas largas, delgadas e interdigitadas invaden el lumen. Ovocitos de reserva no vitelados rodeados de una fina lámina de células foliculares. VG central con numerosos nucléolos esféricos y periféricos. Citoplasma finamente granular altamente basófilo.
<b>III Alveolo Cortical</b>	Presencia de ovocitos con vesículas en el citoplasma cortical de diferente diámetro, cuyo contenido es producto de síntesis del ovocito. Citoplasma ligeramente basófilo. Externamente se visualiza una delgada zona radiata y células foliculares de plano a cúbicas. La presencia de vesículas corticales indica el debut de la actividad ovocitaria endógena.
<b>IV Parcialmente Vitelado</b>	Predominio de ovocitos en estado temprano de depositación de vitelo, sin abarcar más de $\frac{3}{4}$ partes del citoplasma. Destaca la presencia de vesículas periféricas. VG esférica central multinuclear. Zona radiata delgada.
<b>V Vitelado</b>	Citoplasma eosinófilo, cargado de glóbulos de vitelo. VG central multinucleolar. Zona radiata desarrollada. Células foliculares cúbicas con núcleo central esférico y citoplasma claro.
<b>VI Migrante</b>	Citoplasma vitelado. VG periférica o ausente por reinicio de la meiosis.
<b>VII Hidratado (Hialino)</b>	Aumento considerable del diámetro ovocitario por ingreso de líquido. Disolución de vitelo por ingreso de fluidos adoptando el aspecto de placas en el citoplasma. La capa folicular pierde espesor.
<b>VIII En Desove</b>	Coexistencia de ovocitos hidratados y estructuras que evidencian desove reciente (FPO nuevos), conjuntamente con ovocitos en otros grados de vitelación.
<b>IX Post Desove</b>	Lamelas con predominio de ovocitos no vitelados (de reserva) y escasos ovocitos vitelados residuales, atresias folicular alfa y beta. Eventualmente folículos postovulatorios de estadio 5 o más.

**Tabla 4.**

Características principales del buque pesquero de alta mar "BH Friosur VIII".

Eslora (m)	54
Manga (m)	10,5
Puntal (m)	7
Potencia instalada (hp)	2.240
Tonelaje registro grueso (t)	885

**Tabla 5.**

Calibración del sistema de ecointegración ER60. Buque pesquero de alta mar "BH Friosur VIII".

Lugar	Ba. Chacabuco (45°28,5'S- 72°49,5'O), Región de Aysén, Chile	
Fecha (dd/mm/aaaa)	15/08/2018	
Buque	BH Friosur VIII	
Ecosonda	Simrad ER 60	
Transductor	ES38B	
Profundidad esfera (m)	15	
Profundidad fondo (m)	43	
Frecuencia (kHz)	38	
Ganancia (TS gain) (dB)	26,76	
TS esfera (cobre de 60 mm) (dB)	-33,6	
Corrección $s_A$ (dB)	-0,60	
Ancho de banda (kHz)	2,43	
Intervalo de muestreo (m)	0,192	
Coefficiente de absorción (dB/km)	9,3	
Velocidad del sonido (m/s)	1491,1	
2-way beam angle (dB)	-20,6	
	<u>Alongship</u>	<u>Athwartships</u>
Sensibilidad del ángulo	21,9	21,9
Ancho del haz (°)	7,15°	7,13°
Desplazamiento del ángulo (°)	-0,02°	-0,00°



**Tabla 6.**  
Datos operacionales de los lances de pesca de identificación. Crucero 2018.

Lance	Fecha	Calado			Virado			Profundidad red (m)	Duración lance (hr)	Rumbo	Velocidad (nudos)	Distancia (mn)	Captura (kg)				Captura (kg) Total lance	Proporción (%)				
		Hora	Latitud	Longitud	Hora	Latitud	Longitud						Merluza del Sur	Merluza de Cola	Merluza de 3 Aletas	Otras		Merluza del Sur	Merluza de Cola	Merluza de 3 Aletas	Otras	
1	5/8/2018	0247	43°33,9'	75°18,2'	0330	43°32,2'	75°16,3'	328	0,72	045	3,3	2,4	49,5	2.715,5		235,0	3.000,0	1,7	90,5		7,8	
2	5/8/2018	1034	43°44,4'	75°00,0'	1125	43°43,4'	75°02,7'	290	0,85	350	3,9	3,3				7,0	7,0				100,0	
3	5/8/2018	1900	43°44,4'	75°01,6'	2000	43°47,1'	74°58,7'	400	1,00	143	3,1	3,1	1.263,5	1.131,8		104,7	2.500,0	50,5	45,3		4,2	
4	6/8/2018	0249	44°00,0'	75°14,7'	0324	44°01,7'	75°13,5'	328	0,58	150	3,3	1,9	317,2	682,8		0	1.000,0	31,7	68,3		0	
5	6/8/2018	1234	44°05,9'	74°54,2'	1247	44°05,4'	74°54,9'	277	0,22	279	3,2	0,7	205,5	4.794,5		0	5.000,0	4,1	95,9		0	
6	6/8/2018	2215	44°14,1'	75°08,5'	2235	44°13,4'	75°09,5'	298	0,33	340	3,2	1,1	288,5	689,3		22,2	1.000,0	28,8	68,9		2,2	
7	7/8/2018	1120	44°23,7'	75°19,9'	1140	44°22,9'	75°20,0'	240	0,33	350	3,1	1,0	100,0	687,2		12,8	800,0	12,5	85,9		1,6	
8	7/8/2018	1802	44°29,5'	75°20,5'	1903	44°32,5'	75°21,1'	363	1,02	186	2,9	3,0	1.135,2	840,3		24,5	2.000,0	56,8	42,0		1,2	
9	8/8/2018	0259	44°49,2'	75°32,5'	0349	44°51,8'	75°32,3'	336	0,83	173	3,2	2,7	540,2	231,4	0,8	27,6	800,0	67,5	28,9	0,1	3,4	
10	9/8/2018	2246	45°05,0'	74°55,1'	2320	45°06,1'	74°56,9'	246	0,57	228	3,2	1,8	2.556,3	1.284,5		159,2	4.000,0	63,9	32,1		4,0	
11	10/8/2018	0606	45°08,1'	75°07,6'	0710	45°10,7'	75°09,7'	335	0,93	229	3,0	2,8	874,8	618,1		7,1	1.500,0	58,3	41,2		0,5	
12	10/8/2018	1829	45°04,9'	75°13,7'	1929	45°05,3'	75°17,8'	369	1,00	260	2,9	2,9	899,1	300,9		0	1.200,0	74,9	25,1		0	
13	11/8/2018	0442	45°12,6'	75°30,9'	0551	45°09,9'	75°33,9'	365	1,18	330	3,1	3,7	380,3	11,5		0	391,8	97,1	2,9		0	
14	11/8/2018	1421	45°18,1'	75°04,9'	1515	45°15,7'	75°06,9'	342	0,90	327	3,3	3,0	1.259,9	709,8		30,3	2.000,0	63,0	35,5		1,5	
15	12/8/2018	0119	45°24,6'	75°27,2'	0219	45°27,6'	75°29,1'	302	1,00	185	3,2	3,2	248,4	20,1	0,9	16,4	285,7	86,9	7,0	0,3	5,7	
16	12/8/2018	1331	45°57,1'	75°29,3'	1421	45°56,2'	75°32,4'	357	0,83	309	3,1	2,6	25,7	12,6	0,6	29,5	68,4	37,6	18,5	0,9	43,1	
17	12/8/2018	1718	45°46,2'	75°34,0'	1812	45°48,8'	75°35,7'	294	0,90	214	3,2	2,9	9,0	2,4	2,6	84,0	97,9	9,2	2,4	2,7	85,8	
18	13/8/2018	0218	46°17,7'	75°24,6'	0233	46°17,3'	75°25,5'	321	0,25	306	2,8	0,7	1.329,4	1.662,3		8,2	3.000,0	44,3	55,4		0,3	
19	13/8/2018	0954	46°25,7'	75°40,0'	1117	46°22,7'	75°36,1'	308	1,38	046	3,2	4,4	5,0	2,7		49,2	56,9	8,8	4,8		86,4	
20	13/8/2018	1512	46°35,4'	75°39,0'	1614	46°38,1'	75°40,7'	248	0,87	210	3,2	2,8	542,9	1.934,0		23,0	2.500,0	21,7	77,4		0,9	
21	13/8/2018	2153	46°59,7'	75°35,1'	2244	46°58,4'	75°38,1'	343	0,85	300	3,2	2,7	927,4	840,3	220,6	11,8	2.000,0	48,4	42,0	11,0	0,6	
22	17/8/2018	1615	45°19,8'	75°03,6'	1659	45°17,5'	75°03,4'	298	0,73	360	3,1	2,3	1.242,1	9,2		48,7	1.300,0	95,5	0,7		3,7	
23	17/8/2018	2323	45°15,8'	75°05,5'	2335	45°15,4'	75°05,9'	476	0,20	320	2,5	0,5	853,4	2.146,6		0	3.000,0	28,4	71,6		0	
24	18/8/2018	2250	46°21,9'	75°27,6'	2317	46°20,6'	75°27,4'	234	0,45	004	3,0	1,4	153,5	5,5		5,5	164,4	93,3	3,3		3,3	
25	19/8/2018	0637	46°12,5'	75°33,1'	0701	46°11,5'	75°33,7'	298	0,40	300	3,1	1,2	2.024,5	966,2		9,3	3.000,0	67,5	32,2		0,3	
													Captura Total (kg)	17.231,5	22.299,3	225,5	915,9	40.672,2				
													Proporción (%)	42,4%	54,8%	0,6%	2,3%					



**Tabla 7.**  
Capturas por especie registradas en los lances de pesca de identificación. Crucero 2018.

Lance	Fecha	Capturas (kg)														Total
		Merluza del Sur	Merluza de Cola	Merluza de 3 Aletas	Cojinoba Moteada	Cojinoba Ploma	Congrio Dorado	Brotula	Reineta	Sierra	Tollo Sargento	Calamar	Atún Lanzón	Raya Volantín	Pejegallos	
1	5/8/2018	49,5	2.715,5		15,0		105,0			115,0						3.000,0
2	5/8/2018											7,0				7,0
3	5/8/2018	1.263,5	1.131,8								104,7					2.500,0
4	6/8/2018	317,2	682,8													1.000,0
5	6/8/2018	205,5	4.794,5													5.000,0
6	6/8/2018	288,5	689,3								22,2					1.000,0
7	7/8/2018	100,0	687,2						12,8							800,0
8	7/8/2018	1.135,2	840,3		5,0	3,0	2,6		9,5		4,4					2.000,0
9	8/8/2018	540,2	231,4	0,8	1,3	3,0	10,7	12,0				0,6				800,0
10	9/8/2018	2.556,3	1.284,5				146,0				10,4			2,8		4.000,0
11	10/8/2018	874,8	618,1								7,1					1.500,0
12	10/8/2018	899,1	300,9													1.200,0
13	11/8/2018	380,3	11,5													391,8
14	11/8/2018	1.259,9	709,8				19,5				10,8					2.000,0
15	12/8/2018	248,4	20,1	0,9	0,7		6,2		8,0			1,5				285,7
16	12/8/2018	25,7	12,6	0,6	12,5				15,2			1,8				68,4
17	12/8/2018	9,0	2,4	2,6	2,0				79,5			2,5				97,9
18	13/8/2018	1.329,4	1.662,3								8,2					3.000,0
19	13/8/2018	5,0	2,7		14,5				25,3			4,9			4,5	56,9
20	13/8/2018	542,9	1.934,0		4,8		6,6		11,6							2.500,0
21	13/8/2018	927,4	840,3	220,6			7,4		4,4							2.000,0
22	17/8/2018	1.242,1	9,2				44,3		4,4							1.300,0
23	17/8/2018	853,4	2.146,6													3.000,0
24	18/8/2018	153,5	5,5				5,5									164,4
25	19/8/2018	2.024,5	966,2				9,3									3.000,0
<b>Captura Total (kg)</b>		17.231,5	22.299,3	225,5	55,7	6,0	363,0	12,0	170,7	115,0	167,8	11,3	7,0	2,8	4,5	40.672,2
<b>Proporción (%)</b>		43,4%	54,8%	0,6%	0,14%	0,01%	0,9%	0,03%	0,4%	0,3%	0,41%	0,03%	0,017%	0,007%	0,011%	



**Tabla 8.**

Resumen modelación geoestadística de merluza de cola para la zona total de estudio.

Recurso	Subzona	Dirección	Modelo ajustado	Parámetros ajustados				Bondad ajuste	Predicción espacial	
				Psill	Total sill	Rango	Nugget	sse	Media Kriging	Varianza geo
Merluza de cola	Zona total	Omnidireccional	Exponencial	4,00E+05	9,71,E+05	3	0	39,40	341,8363	1,55E+03
			Esférico	3,48E+05	9,71E+05	3	0	38,29	345,0243	1,46E+03

**Tabla 9.**

Estimado total de biomasa, límites de confianza y densidad de merluza de cola.

Método	Área (mn <sup>2</sup> )	Biomasa (t)	Densidad (t*mn <sup>-2</sup> )
Bootstrap	2.649	191.527 [176.096 – 206.957]	72,3
Geoestadístico	2.649	221.394 [203.284 – 239.504]	83,6

**Tabla 10.**

Estimados de abundancia de merluza de cola y participación por sexo.

Sexo	Abundancia (N°)	Participación (%)
Machos	312.167.476	52
Hembras	289.961.665	48
Total	602.129.141	100



**Tabla 11**  
Parámetros de la relación peso - longitud de merluza del sur. Crucero 2018.

Sexo	Parámetros	Merluza de cola	
Machos	a	0,002664293	
	intervalo	0,0023130	0,0030689
	b	3,030874438	
	intervalo	2,9943529	3,0673959
	N	557	
	r <sup>2</sup>	0,980	
Hembras	a	0,00221407	
	intervalo	0,0020285	0,0024166
	b	3,076548251	
	intervalo	3,0545748	3,0985217
	N	751	
	r <sup>2</sup>	0,990183293	
Ambos	a	0,002347529	
	intervalo	0,0021826	0,0025249
	b	3,06256746	
	intervalo	3,0440624	3,0810725
	N	1.308	
	r <sup>2</sup>	0,987762232	





**Tabla 12**  
Serie histórica de estimaciones de, biomasa, abundancia, peso promedio y proporción sexual, en los cruceros de merluza de cola 2000 - 2018.

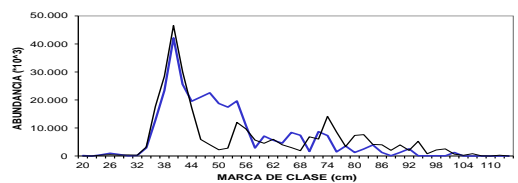
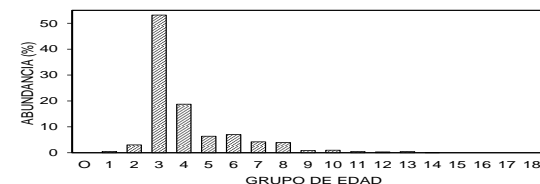
Merluza de cola																		
Años	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
B (x10 <sup>3</sup> )	501,3	574,4	431,9	242,8	188,6	146,0	162,8	229,8	251,5	208,3	220,9	158,7	134,9	213,8	289,7	261,1	289,9	221,4
A (x10 <sup>6</sup> )	418	656	453	237	231	133	161	584	356	383	451	240	428	390	637	409	959	602
wprom (g)	1.199	876	953	1.023	818	1.095	1.010	393	707	544	490	662	315	548	454	639	302	368
Proporción (%) M:H en número	76:24	36:64	45:55	35:65	58:42	39:61	47:53	52:48	43:57	55:45	46:54	42:58	46:54	55:45	43:57	49:51	45:55	52:48
Proporción (%) M:H en peso	70:30	32:68	39:61	31:69	48:52	33:67	39:61	47:53	36:64	50:50	43:57	43:57	41:59	48:52	47:53	43:57	31:69	43:57

B=biomasa (t); A=Abundancia (nº de ejemplares); wprom= (B/A)



**Tabla 13**  
Composici3n de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, (Machos= 312.167.476). Crucero 2018.

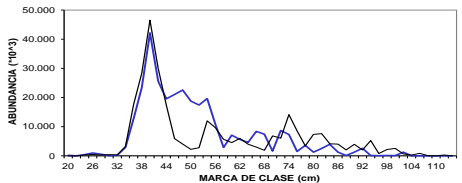
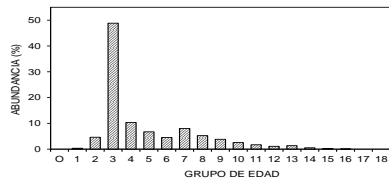
TALLAS (cm)	FREC.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
20 - 21	171,893		171,893																	
22 - 23																				
24 - 25	421,993		421,993																	
26 - 27	986,781		986,781																	
28 - 29	562,657			562,657																
30 - 31	57,630			57,630																
32 - 33	197,975			197,975																
34 - 35	2,898,205			1,449,102	1,449,102															
36 - 37	12,714,583			4,767,969	7,946,614															
38 - 39	23,424,938			1,673,210	21,751,728															
40 - 41	42,163,368			680,054	41,483,314															
42 - 43	25,619,626				25,050,301	569,325														
44 - 45	19,542,733				17,197,605	2,345,128														
46 - 47	21,032,805				17,527,337	3,505,467														
48 - 49	22,561,117				15,436,554	6,530,850	593,714													
50 - 51	18,759,159				12,937,351	5,174,940		646,868												
52 - 53	17,440,936				5,232,281	8,720,468	1,744,094	1,744,094												
54 - 55	19,634,610					17,016,662	2,617,948													
56 - 57	10,825,247					8,857,021	1,968,227													
58 - 59	2,871,436					717,859	2,153,577													
60 - 61	7,099,752					887,469	2,662,407	1,774,938	1,774,938											
62 - 63	5,615,561					2,807,780		1,403,890	1,403,890											
64 - 65	4,581,125						2,290,563	2,290,563												
66 - 67	8,382,827					1,397,138	1,397,138	5,588,551												
68 - 69	7,406,461						925,808	2,777,423	2,777,423	925,808										
70 - 71	1,631,262							1,631,262												
72 - 73	8,686,526							1,737,305	3,474,610	1,737,305										
74 - 75	7,298,775							1,824,694	1,824,694	3,649,387										
76 - 77	1,488,440									992,293										
78 - 79	3,569,887									3,569,887										
80 - 81	1,258,578									1,258,578										
82 - 83	2,517,156									1,258,578										
84 - 85	3,948,976									1,974,488	1,974,488									
86 - 87	1,258,578									629,289	629,289									
88 - 89	108,404										72,269									
90 - 91	1,258,578																			
92 - 93	2,571,358																			
94 - 95	108,404																			
96 - 97	54,202																			
98 - 99	108,404																			
100 - 101	67,955																			
102 - 103	1,258,578																			
104 - 105																				
106 - 107																				
108 - 109																				
110 - 111																				
112 - 113																				
114 - 115																				
116 - 117																				
118 - 119																				
120 - 121																				
122 - 123																				
124 - 125																				
126 - 127																				
128 - 129																				
130 - 131																				
132 - 133																				
TOTAL	312,167,476	1,580,667	9,388,597	166,012,187	58,530,107	19,915,473	21,915,734	13,080,249	12,346,226	2,676,046	3,027,018	1,312,780	965,523	1,348,914	67,955					
PORCENTAJE		0.51	3.01	53.18	18.75	6.38	7.02	4.19	3.96	0.86	0.97	0.42	0.31	0.43	0.02					
TALLA PROM. (cm)		25.3	36.2	43.2	53.3	61.6	65.9	69.5	78.7	85.1	88.4	90.8	92.8	102.0	100.5					
VARIANZA		3.58	6.81	18.41	21.67	53.24	39.27	25.83	23.89	1.04	24.66	2.53	1.01	5.61						
PESO PROM (g)		48.6	143.9	249.4	466.7	738.6	891.2	1,036.6	1,505.1	1,882.8	2,132.6	2,296.9	2,452.7	3,263.3	3,118.1					





**Tabla 14**  
Composici3n de la abundancia de individuos por grupo de edad de merluza de cola, (Hembras= 289.961.665). Crucero 2018.

TALLAS (cm)	FREC.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
20 - 21																			
22 - 23																			
24 - 25	282,394		282,394																
26 - 27	476,094		476,094																
28 - 29	282,394		282,394																
30 - 31	401,514				401,514														
32 - 33	296,906			296,906															
34 - 35	3,208,134			1,604,067	1,604,067														
36 - 37	17,666,845			5,047,670	12,619,175														
38 - 39	28,457,918			4,527,396	23,930,522														
40 - 41	46,553,452			727,398	45,826,054														
42 - 43	30,094,228			791,953	29,302,275														
44 - 45	17,359,131			15,705,880	1,653,251														
46 - 47	5,916,622			422,616	5,071,390	422,616													
48 - 49	4,042,775			3,503,738	539,037														
50 - 51	2,215,180			984,524	1,230,656														
52 - 53	2,791,184			310,132	1,550,858	930,395													
54 - 55	12,006,678			2,401,336	8,404,675	1,200,668													
56 - 57	9,676,289				7,095,945	1,935,258	645,086												
58 - 59	5,666,794				3,541,746	2,125,048													
60 - 61	4,528,563				4,075,706	452,856													
62 - 63	5,975,538				996,423	2,989,269	1,494,634	498,211											
64 - 65	3,997,586				499,698	2,998,190	499,698												
66 - 67	3,003,744				1,716,425	1,287,319													
68 - 69	1,907,381					1,362,415	544,966												
70 - 71	6,847,908				1,956,545	2,934,818	1,956,545												
72 - 73	6,042,985					5,035,821	1,007,164												
74 - 75	14,144,818					3,143,293	3,143,293	6,286,586	1,571,646										
76 - 77	6,528,472						1,421,412	2,842,824	3,553,530	710,706									
78 - 79	3,403,298						309,391	618,781	1,546,953	309,391	618,781								
80 - 81	7,344,262						816,029	2,448,087	2,448,087	1,632,058									
82 - 83	7,622,309						1,905,577	1,905,577	1,905,577	1,905,577									
84 - 85	4,127,444						2,063,722	1,031,861	1,031,861										
86 - 87	4,003,380						667,230	1,334,460	1,334,460					667,230					
88 - 89	2,030,528							812,211	812,211										
90 - 91	3,959,656							1,563,862	791,931	791,931									
92 - 93	2,005,023							501,256	1,002,511										
94 - 95	5,246,481							749,497	1,498,995	749,497					1,498,995	749,497			
96 - 97	795,818							477,491	159,164	159,164									
98 - 99	2,154,313							179,526	179,526	538,578	718,104	179,526	359,052						
100 - 101	2,543,139							254,314	254,314	762,942	508,628	508,628	254,314	254,314					
102 - 103	644,415								214,805	286,406									
104 - 105	269,711									832,168									
106 - 107	832,168																		
108 - 109	54,202																		
110 - 111																			
112 - 113	288,115																		
114 - 115																			
116 - 117	131,438																		
118 - 119	131,438																		
120 - 121																			
122 - 123																			
124 - 125																			
126 - 127																			
128 - 129																			
130 - 131																			
132 - 133																			
TOTAL	289,961,665	1,040,883	13,418,006	141,660,607	30,010,410	19,447,946	13,098,066	23,236,292	15,211,491	11,065,179	7,382,438	4,943,861	3,171,700	3,918,412	1,506,921	623,484	225,967		
PORCENTAJE		0.36	4.63	48.85	10.35	6.71	4.52	8.01	5.25	3.82	2.55	1.71	1.09	1.35	0.52	0.22	0.08		
TALLA PROM. (cm)		26.50	37.73	41.31	55.65	63.85	69.87	75.78	79.69	84.89	86.71	94.86	98.66	95.48	98.19	105.53	111.96		
VARIANZA		2.17	6.80	11.94	18.10	44.07	29.18	24.95	19.60	25.96	44.82	16.66	49.35	23.70	27.27	48.39	30.03		
PESO PROM (g)		53.5	159.5	212.2	528.8	819.7	1,065.1	1,360.7	1,581.9	1,924.6	2,069.5	2,693.9	3,070.3	2,755.1	3,004.3	3,769.1	4,493.0		





**Tabla 15**

Abundancia por grupo de edad y desviación estándar para merluza de cola por sexo y proporción de ambos según grupo de edad. Crucero 2018.

GE	Machos		Hembras		Ambos	
	Número	sd	Número	sd	Número	%
0	0	0	0	0	0	0
I	1.580.667	73.839	1.040.883	48.619	2.621.549	0,4
II	9.388.597	2.087.894	13.418.006	3.419.860	22.806.603	3,8
III	166.012.187	8.987.833	141.660.607	7.711.767	307.672.795	51,1
IV	58.530.107	5.980.831	30.010.410	3.256.174	88.540.518	14,7
V	19.915.473	4.716.679	19.447.946	3.512.080	39.363.419	6,5
VI	21.915.734	4.592.183	13.098.066	3.061.451	35.013.799	5,8
VII	13.080.249	3.803.542	23.236.292	4.003.843	36.316.541	6,0
VIII	12.346.226	3.211.057	15.211.491	3.307.529	27.557.716	4,6
IX	2.676.046	2.074.166	11.065.179	2.732.377	13.741.226	2,3
X	3.027.018	1.528.574	7.382.438	2.216.722	10.409.457	1,7
XI	1.312.780	81.802	4.943.861	1.420.359	6.256.641	1,0
XII	965.523	859.079	3.171.700	844.110	4.137.223	0,7
XIII	1.348.914	90.577	3.918.412	1.429.377	5.267.327	0,9
XIV	67.955	3.174	1.506.921	842.133	1.574.876	0,3
XV	0	0	623.484	282.143	623.484	0,1
XVI	0	0	225.967	73.354	225.967	0,0
XVII	0	0	0	0	0	0,0
XVIII	0	0	0	0	0	0,0
XIX	0	0	0	0	0	0,0
Total	312.167.476	14.581.210	289.961.665	13.543.986	602.129.141	100



**Tabla 16**

Serie hist3rica de las estimaciones de Grupo de Edad (GE) al 50% de madurez para merluza de cola, intervalo de confianza (IC), l3mites (LI: L3mite inferior, LS: L3mite superior) y n3mero de muestras analizadas (n), por sexo.

		Merluza de cola												
Sexo	Par3metro	2002	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Machos	GE <sub>50%</sub>	3,3	3,2	3,6	3,1	2,6	2,8	3,0	2,6	4,2	3,4	3,2	3,5	2,3
	IC LI	2,0	2,8	3,4	2,8	1,5	2,2	2,6	1,9	3,4	3,0	2,7	3,2	1,5
	IC LS	4,1	3,8	4,2	4,0	3,8	3,8	3,7	3,6	4,6	3,9	3,8	4,5	2,9
	n	684	258	453	450	454	403	444	410	415	410	428	413	410
Hembras	GE <sub>50%</sub>	4,1	3,9	5,0	3,8	4,1	3,5	3,5	4,3	4,6	4,7	3,7	4,1	2,9
	IC LI	3,6	3,4	4,1	3,2	3,9	3,3	2,3	3,8	4,2	4,0	3,4	3,8	2,0
	IC LS	4,6	4,8	6,1	4,3	4,8	3,7	4,5	4,8	4,8	5,0	3,9	4,3	3,5
	n	655	355	453	458	455	421	443	440	458	450	450	450	450

**Tabla 17.**

3ndices de la actividad reproductiva de las hembras adultas de la merluza del sur *Macruronus magellanicus*, desde el 5 al 19 de agosto de 2018. LT, longitud promedio; EMS, estadio de madurez sexual; IGS, 3ndice gonadosom3tico. El c3lculo del % de EMS considera peces inmaduros y maduros.

Per3odo	N Lances	N Hembras maduras	LT Hembras maduras (cm)	% EMS 3	% EMS 4	% EMS 5	IGS
5 al 9	9	203	71,31	73,27	19,82	0,46	8,99
10 al 14	11	160	60,14	43,87	13,75	1,86	8,38
15 al 19	4	102	56,68	48,01	51,96	0	12,08



**Tabla 18.**

Proporción de hembras maduras a la talla y límites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus* en agosto de 2018, mediante el ajuste a un modelo lineal generalizado.

LT	Proporción maduras	Limite inferior	Limite superior
26	0,26	0,16	0,37
27	0,28	0,18	0,39
28	0,30	0,20	0,41
29	0,33	0,22	0,43
30	0,35	0,25	0,45
31	0,37	0,27	0,47
32	0,39	0,30	0,49
33	0,42	0,33	0,51
34	0,44	0,36	0,53
35	0,47	0,38	0,55
36	0,49	0,41	0,57
37	0,52	0,44	0,59
38	0,54	0,47	0,61
39	0,57	0,50	0,63
40	0,59	0,53	0,65
41	0,62	0,56	0,67
42	0,64	0,59	0,69
43	0,66	0,61	0,71
44	0,68	0,64	0,73
45	0,71	0,66	0,75
46	0,73	0,68	0,77
47	0,75	0,70	0,79
48	0,76	0,72	0,81
49	0,78	0,74	0,83
50	0,80	0,76	0,84
51	0,81	0,77	0,86
52	0,83	0,79	0,87
53	0,84	0,80	0,89
54	0,86	0,81	0,90
55	0,87	0,83	0,91
56	0,88	0,84	0,92
57	0,89	0,85	0,93
58	0,90	0,86	0,94
59	0,91	0,87	0,95
60	0,92	0,88	0,95
61	0,92	0,89	0,96
62	0,93	0,90	0,96
63	0,94	0,90	0,97
64	0,94	0,91	0,97
65	0,95	0,92	0,98
66	0,95	0,92	0,98
67	0,96	0,93	0,98
68	0,96	0,93	0,99
69	0,96	0,94	0,99
70	0,97	0,94	0,99
71	0,97	0,95	0,99
72	0,97	0,95	0,99

LT	Proporción maduras	Limite inferior	Lin sup
73	0,98	0,96	
74	0,98	0,96	
75	0,98	0,96	
76	0,98	0,97	
77	0,98	0,97	
78	0,99	0,97	
79	0,99	0,97	
80	0,99	0,98	
81	0,99	0,98	
82	0,99	0,98	
83	0,99	0,98	
84	0,99	0,98	
85	0,99	0,98	
86	0,99	0,99	
87	0,99	0,99	
88	0,99	0,99	
89	0,99	0,99	
90	1,00	0,99	
91	1,00	0,99	
92	1,00	0,99	
93	1,00	0,99	
94	1,00	0,99	
95	1,00	0,99	
96	1,00	0,99	
97	1,00	0,99	
98	1,00	1,00	
99	1,00	1,00	
100	1,00	1,00	
101	1,00	1,00	
102	1,00	1,00	
103	1,00	1,00	
104	1,00	1,00	
105	1,00	1,00	
106	1,00	1,00	
107	1,00	1,00	
108	1,00	1,00	
109	1,00	1,00	
110	1,00	1,00	
111	1,00	1,00	
112	1,00	1,00	
113	1,00	1,00	
114	1,00	1,00	
115	1,00	1,00	
116	1,00	1,00	
117	1,00	1,00	
118	1,00	1,00	



**Tabla 19.**

Abundancia y porcentaje de hembras con desove omitido respecto al total de hembras maduras en merluza de cola, años 2015, 2016, 2017 y 2018.

Año	Total maduras	Desove omitido	
		n	%
2015	848	10	1,2
2016	778	2	0,3
2017	215	3	1,4
2018	500	10	2

**Tabla 20.**

Talla media de madurez sexual estimada por un ajuste de máxima verosimilitud mediante el ajuste a una función logística y posteriormente por un procedimiento no lineal y talla de madurez estimada mediante el cálculo del incremento relativo del IGS (IR.IGS) en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 2010 a 2018.

Año	Modelo lineal	Incremento IGS	Fuente
Agosto 2010	45,0	42	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	45,8	42	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	48,9	44	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	54,5	43	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	56,5	44	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	52,4	40	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	48,8	43	Saavedra <i>et al.</i> (2017)
Agosto 2017	49,6	43	Legua <i>et al.</i> (2018)
Agosto 2018	36,3*	37*	Presente estudio

- \*sin ajuste



**Tabla 21.**

Proporci3n de hembras maduras a la edad y l3mites de confianza inferior y superior del 95% en la merluza de cola *Macruronus magellanicus*, en agosto de 2018.

Grupo de Edad	Proporci3n Maduras	L3mite Inferior	L3mite Superior
1	0,07	0	0,16
2	0,28	0,14	0,42
3	0,66	0,60	0,72
4	0,90	0,85	0,96
5	0,98	0,95	1
6	1	0,99	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1





**Tabla 22.**

Fecundidad promedio y fecundidad del total de las hembras maduras de la muestra calculada en estudios realizados en merluza de cola *Macruronus magellanicus*, años 1996 a 2018.

Año	Fecundidad modal	Fecundidad de muestra total	Fuente
Agosto-Sept. 1996	444.798	Sin datos	Chong (2000)
Agosto 2001	261.593	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2002)
Julio-Agosto 2002	701.431	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2003)
Agosto 2003	363.041	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2004)
Agosto-Sept. 2004	375.906	Sin datos	Lillo <i>et al.</i> (2005)
Agosto 2005	631.421	630.982	Córdova <i>et al.</i> (2006)
Agosto-Sept. 2007	625.709	630.230	Lillo <i>et al.</i> (2008)
Agosto 2008	440.123	424.380	Lillo <i>et al.</i> (2009)
Agosto 2009	615.807	436.687	Lillo <i>et al.</i> (2010)
Agosto 2010	581.604	391.639	Lillo <i>et al.</i> (2011)
Agosto 2011	642.409	414.678	Lillo <i>et al.</i> (2012)
Agosto 2012	642.146	445.380	Lillo <i>et al.</i> (2013)
Agosto 2013	440.610	325.483	Saavedra <i>et al.</i> (2014)
Agosto 2014	575.736	508.524	Saavedra <i>et al.</i> (2015)
Agosto 2015	641.329	446.217	Saavedra <i>et al.</i> (2016)
Agosto 2016	638.695	294.672	Saavedra <i>et al.</i> (2017)
Agosto 2017	786.460	438.184	Legua <i>et al.</i> (2018)
Agosto 2018	871.305	613.746	Presente estudio



**Tabla 23.**

Resumen del número de muestras en merluza de cola usadas en el presente estudio. G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.

Grupo	Categoría	Tejidos	Ojos	Estómagos		Total
				Con contenido	Vacíos	
Merluza de cola (general)	Depredador	50	51	66	441	507
G1				40	282	
G2				26	159	
Hembras				41	242	
Machos				25	199	
Mictófidios				Presas	6	
Peces Meso pelágicos	16	-	-		-	-
Camarones	14	-	-		-	-
Anfipodos	5	-	-		-	-
Merluza de tres aletas (< 40 cm)	20	-	-		-	-
	<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>51</b>			<b>507</b>

**Tabla 24.**

Lista sistemática de los taxa encontrados en los estómagos de merluza de cola. Temporada de pesca 2018.

Especie o familia	Grupo o categoría presa
<i>Micromesistius australis</i>	Merluza de tres aletas
<i>Pasiphaea sp.</i>	Camarones
<i>Amphipoda</i>	Anfipodos
<i>Talismania aphos</i>	Peces meso pelágicos
<i>Protomyctophum sp.</i>	Mictófidios
<i>Hygophum sp.</i>	
<i>Bathylagichthys parini</i>	Peces meso pelágicos
<i>Maurollicus parvipinnis</i>	



**Tabla 25.**

Porcentaje de importancia de las presas a través de los contenidos estomacales en merluza de cola.  
G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT.

Item presa	General	G1	G2	Hembras	Machos
Anfipodos	7,27	4,82	9,48	7,72	5,46
Camarones	23,10	16,12	30,00	21,46	28,76
Merluza de tres aletas	5,09	0,00	8,88	6,08	0,00
Mictófidos	18,75	43,53	0,00	21,06	7,29
Peces meso pelágicos	45,79	35,54	51,64	43,68	58,49

**Tabla 26.**

Resumen estadístico de los valores de isotopos de músculos y ojos de la merluza de cola

Especie/Grupo	Tipo de tejido	Categoría	Media $\delta^{13}C$	$\pm DS$ $\delta^{13}C$	Media $\delta^{15}N$	$\pm DS$ $\delta^{15}N$	Media % C ( $\pm DS$ )	$\pm DS$ % C	Media % N ( $\pm DS$ )	$\pm DS$ % N	Media C:N ( $\pm DS$ )	$\pm DS$ C:N	Media Edad ( $\pm DS$ )	Rango años	n
Macruronus magellanicus	Musculo	Depredador	-16,68	1,6	16,79	2,3	48,28	1,5	13,71	2,7	3,5	0,2	3 $\pm$ 7,8	2018	50
Macruronus magellanicus (Y1)	Ojos		-15,27	1,1	18,45	1,7	47,5	6,2	14,51	1,7	3,2	0,1	1 $\pm$ 0,5	2014-2015	17
Macruronus magellanicus (Y2)	Ojos		-15,9	0,7	19,57	1,2	48,86	1,3	14,42	3,4	3,3	0,1	2 $\pm$ 0,3	2016-2017	16
Macruronus magellanicus (Y3)	Ojos		-16,2	0,7	19,85	2,3	41,76	6,5	12,47	1,6	3,3	0,2	4 $\pm$ 0,6	2018	17
Merluza de tres aletas	Musculo	Presas	-19,33	1,3	12,51	2,2	48,94	1,6	14,12	4	3,42	2,5	-	-	20
Anfipodos	Musculo		-12,9	1	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Mictófidos	Musculo		-16,09	1,3	15,85	2,7	50,23	1,2	12,33	3	4,2	2,7	-	-	34
Camarones	Musculo		-17,03	1,4	12,82	3,1	39,83	5,1	10,66	1,1	3,74	3,3	-	-	40
Peces meso pelágicos	Musculo		-15,61	0,2	17,03	1,5	46	3,5	10,92	2,3	4,3	0,6	-	-	16



**Tabla 27**

Contribución dietaria de las potenciales presas de merluza de cola, a través de inferencia bayesiana. G1: grupo de tamaño  $\leq 75,7$  cm LT; G2: grupo de tamaño  $> 75,7$  cm LT. Donde Y1 (Zona central del lente), Y2 (Zona media del lente), Y3 (Zona exterior del lente).

Ítem Presa	G1		G2		Y1		Y2		Y3	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Anfipodos	0,05	0,01	0,09	0,01	0,05	0,01	0,09	0,01	0,09	0,01
Camarones	0,15	0,02	0,28	0,02	0,15	0,02	0,28	0,02	0,29	0,02
Merluza de tres aletas	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01
Mictófidios	0,44	0,03	0,01	0,01	0,44	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01
Peces meso pelágicos	0,35	0,02	0,52	0,02	0,35	0,02	0,52	0,02	0,52	0,02

**Tabla 28**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas. Agosto 2018.

Descriptor	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv.Est.	CV
Largo (m)	271	10,7	11.760,8	867,2	511,6	1.162,2	1,34
Alto (m)	271	0,1	35,6	9,3	7,6	6,6	0,71
Elongación	271	2,0	27.704,0	284,0	71,0	1744,0	6,14
Perímetro (m)	271	47,0	289.452,0	13.627,0	5.862,0	25.530,0	1,87
Área (m <sup>2</sup> )	271	14,0	377.972,0	10.503,0	3.242,0	28.362,0	2,70
Dimensión fractal	271	1,5	2,8	1,8	1,8	0,1	0,08
Profundidad agregación (m)	271	110,3	567,3	321,3	311,1	100,2	0,31
Fondo (m)	271	126,1	785,3	415,6	413,2	148,0	0,35
Índice altura (%)	271	0,02	69,8	18,6	9,4	18,9	1,01
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	271	90,0	92.600,0	2.398,0	319,0	8.023,0	3,35
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	271	2,6	959,5	43,7	12,8	113,7	2,60



**Tabla 29.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2018.

<b>Dentro cañones</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv.tip.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	143	14,0	11.761,0	1.024,0	562,0	1.430,0	1,40
Alto (m)	143	0,3	35,6	11,1	10,5	6,9	0,62
Elongación	143	2,0	1.859,0	122,6	78,1	187,4	1,53
Perímetro (m)	143	223,0	289.452,0	17.971,0	7.661,0	32.292,0	1,80
Área (m <sup>2</sup> )	143	88,0	377.972,0	15.041,0	4.564,0	37.227,0	2,48
Dimensión fractal	143	1,5	2,2	1,8	1,8	0,1	0,06
Profundidad agregación (m)	143	110,3	549,7	312,0	308,4	90,0	0,29
Fondo (m)	143	133,4	785,3	449,6	440,0	159,7	0,36
Índice altura (%)	143	0,1	68,3	25,8	22,2	19,6	0,76
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	143	90,0	92.600,0	3.494,0	409,0	10.712,0	3,07
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	143	3,1	376,7	26,7	10,6	51,0	1,91

<b>Fuera cañones</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. tip</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	128	10,7	3.945,2	692,2	431,5	725,8	1,05
Alto (m)	128	0,1	25,8	7,2	5,7	5,5	0,76
Elongación	128	5,0	27.704,0	465,0	68,0	2.522,0	5,43
Perímetro (m)	128	47,0	114.134,0	8.774,0	4.863,0	13.221,0	1,51
Área (m <sup>2</sup> )	128	14,0	84.719,0	5.433,0	2.087,0	10.559,0	1,94
Dimensión fractal	128	1,5	2,8	1,8	1,8	0,2	0,09
Profundidad agregación (m)	128	120,9	567,3	331,8	333,9	109,9	0,33
Fondo (m)	128	126,1	771,9	377,5	386,4	123,7	0,33
Índice altura (%)	128	0,02	69,8	10,6	4,2	14,3	1,35
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	128	92,0	13.096,0	1.174,0	253,0	2.386,0	2,03
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	128	2,6	959,4	62,8	17,5	154,5	2,46



**Tabla 30.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores en zona dentro y fuera de cañones. Agosto 2018.

Descriptor		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo (m)	Inter-grupos	7,42E+06	1	7,42E+06	5,590	0,019
	Intra-grupos	3,57E+08	269	1,33E+06		
	Total	3,65E+08	270			
Alto (m)	Inter-grupos	1,03E+03	1	1,03E+03	26,136	0,000
	Intra-grupos	1,06E+04	269	3,92E+01		
	Total	1,16E+04	270			
Elongación	Inter-grupos	7,91E+06	1	7,91E+06	2,618	0,107
	Intra-grupos	8,13E+08	269	3,02E+06		
	Total	8,21E+08	270			
Perímetro (m)	Inter-grupos	5,71E+09	1	5,71E+09	9,025	0,003
	Intra-grupos	1,70E+11	269	6,33E+08		
	Total	1,76E+11	270			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	6,24E+09	1	6,24E+09	7,952	0,005
	Intra-grupos	2,11E+11	269	7,84E+08		
	Total	2,17E+11	270			
Dimensión fractal	Inter-grupos	1,83E-01	1	1,83E-01	8,934	0,003
	Intra-grupos	5,52E+00	269	2,05E-02		
	Total	5,71E+00	270			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	2,65E+04	1	2,65E+04	2,653	0,105
	Intra-grupos	2,68E+06	269	9,97E+03		
	Total	2,71E+06	270			
Fondo (m)	Inter-grupos	3,51E+05	1	3,51E+05	16,984	0,000
	Intra-grupos	5,56E+06	269	2,07E+04		
	Total	5,91E+06	270			
Índice altura (%)	Inter-grupos	1,56E+04	1	1,56E+04	51,962	0,000
	Intra-grupos	8,08E+04	269	3,00E+02		
	Total	9,64E+04	270			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	3,63E+08	1	3,63E+08	5,746	0,017
	Intra-grupos	1,70E+10	269	6,33E+07		
	Total	1,74E+10	270			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	8,81E+04	1	8,81E+04	6,967	0,009
	Intra-grupos	3,40E+06	269	1,26E+04		
	Total	3,49E+06	270			



**Tabla 31.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas en cañones 1, 2, y 3 Agosto 2018.

Cañón 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	48	229,0	11.761,0	1.508,0	874,0	1.988,0	1,32
Alto (m)	48	2,4	32,2	9,3	7,8	6,3	0,67
Elongación	48	19,2	419,1	166,4	124,8	112,7	0,68
Perímetro (m)	48	1.485,0	289.452,0	26.222,0	9.381,0	47.335,0	1,81
Área (m <sup>2</sup> )	48	1.058,0	377.972,0	22.139,0	5.167,0	57.726,0	2,61
Dimensión fractal	48	1,6	1,9	1,8	1,8	0,1	0,04
Profundidad agregación (m)	48	167,6	488,3	332,0	326,7	63,92	0,19
Fondo (m)	48	174,9	746,9	489,8	468,3	145,6	0,30
Índice Altura (%)	48	0,9	57,9	27,5	21,8	19,8	0,72
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	48	96,0	47.421,0	4.914,0	688,0	11.198,0	2,28
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	48	3,2	376,7	35,1	9,4	71,6	2,04

Cañón 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	42	62,0	5.984,0	1.023,0	654,0	1.139,0	1,11
Alto (m)	42	1,3	28,9	10,4	9,0	6,0	0,57
Elongación	42	7,2	544,0	116,6	83,6	114,6	0,98
Perímetro (m)	42	537,0	113.218,0	17.933,0	10.101,0	22.608,0	1,26
Área (m <sup>2</sup> )	42	169,0	104.205,0	13.611,0	5.331,0	21.933,0	1,61
Dimensión fractal	42	1,6	1,9	1,8	1,8	0,1	0,04
Profundidad agregación (m)	42	110,3	528,7	283,8	269,4	119,4	0,42
Fondo (m)	42	133,4	626,2	355,6	367,2	145,2	0,41
Índice Altura (%)	42	0,1	47,2	19,3	20,4	13,3	0,69
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	42	102,0	30.788,0	1.642,0	270,0	4.835,0	2,95
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	42	3,1	158,0	14,9	5,9	27,9	1,88

Cañón 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	53	14,0	3.680,0	586,0	261,0	760,0	1,30
Alto (m)	53	0,3	35,6	13,3	12,1	7,6	0,57
Elongación	53	2,0	1.859,0	87,6	24,1	266,4	3,04
Perímetro (m)	53	223,0	84.091,0	10.529,0	4.345,0	17.324,0	1,65
Área (m <sup>2</sup> )	53	88,0	96.230,0	9.747,0	3.028,0	17.791,0	1,83
Dimensión fractal	53	1,5	2,2	1,7	1,7	0,1	0,09
Profundidad agregación (m)	53	151,5	549,7	316,2	301,1	78,4	0,25
Fondo (m)	53	155,1	785,3	487,8	462,0	154,1	0,32
Índice Altura (%)	53	0,8	68,3	29,5	24,8	22,6	0,77
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	53	90,0	92.600,0	3.676,0	409,0	13.302,0	3,62
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	53	4,6	209,1	28,5	15,5	41,0	1,44



**Tabla 32.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores entre cañones. Agosto 2018.

Descriptor		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo (m)	Inter-grupos	2,14E+07	2	1,07E+07	5,565	0,005
	Intra-grupos	2,69E+08	140	1,92E+06		
	Total	2,90E+08	142			
Alto (m)	Inter-grupos	4,36E+02	2	2,18E+02	4,817	0,009
	Intra-grupos	6,33E+03	140	4,52E+01		
	Total	6,77E+03	142			
Elongación	Inter-grupos	1,58E+05	2	7,91E+04	2,295	0,105
	Intra-grupos	4,83E+06	140	3,45E+04		
	Total	4,99E+06	142			
Perímetro (m)	Inter-grupos	6,20E+09	2	3,10E+09	3,061	0,050
	Intra-grupos	1,42E+11	140	1,01E+09		
	Total	1,48E+11	142			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	3,99E+09	2	1,99E+09	1,449	0,238
	Intra-grupos	1,93E+11	140	1,38E+09		
	Total	1,97E+11	142			
Dimensión fractal	Inter-grupos	1,69E-01	2	8,44E-02	7,535	0,001
	Intra-grupos	1,57E+00	140	1,12E-02		
	Total	1,74E+00	142			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	5,35E+04	2	2,67E+04	3,413	0,036
	Intra-grupos	1,10E+06	140	7,83E+03		
	Total	1,15E+06	142			
Fondo (m)	Inter-grupos	5,26E+05	2	2,63E+05	11,895	0,000
	Intra-grupos	3,10E+06	140	2,21E+04		
	Total	3,62E+06	142			
Índice altura (%)	Inter-grupos	2,63E+03	2	1,32E+03	3,533	0,032
	Intra-grupos	5,22E+04	140	3,73E+02		
	Total	5,48E+04	142			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	2,43E+08	2	1,21E+08	1,058	0,350
	Intra-grupos	1,61E+10	140	1,15E+08		
	Total	1,63E+10	142			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	9,41E+03	2	4,71E+03	1,828	0,165
	Intra-grupos	3,60E+05	140	2,57E+03		
	Total	3,70E+05	142			





**Tabla 33.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por zona. Agosto 2018.

Zona 1	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	81	55,0	11.761,0	1.268,0	814,0	1.655,0	1,31
Alto (m)	81	0,1	32,2	8,8	6,5	6,3	0,72
Elongación	81	9,0	27.704,0	572,0	115,0	3.131,0	5,47
Perímetro (m)	81	328,0	289.452,0	20.999,0	8.479,0	39.111,0	1,86
Área (m <sup>2</sup> )	81	247,0	377.972,0	16.051,0	4.394,0	45.371,0	2,83
Dimensión fractal	81	1,5	2,8	1,8	1,8	0,2	0,10
Profundidad agregación (m)	81	120,9	488,3	301,2	308,6	96,8	0,32
Fondo (m)	81	126,1	771,9	412,8	431,4	177,6	0,43
Índice Altura (%)	81	0,6	69,8	20,5	10,6	19,6	0,96
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	81	96,0	47.421,0	3.444,0	482,0	8.894,0	2,58
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	81	2,6	959,4	53,9	9,5	147,6	2,74

Zona 2	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	106	43,0	5.983,6	765,2	490,6	870,6	1,14
Alto (m)	106	0,4	28,9	8,0	6,8	5,2	0,65
Elongación	106	5,2	3.375,3	180,8	74,0	411,4	2,28
Perímetro (m)	106	478,0	113.218,0	11.295,0	5.643,0	16.504,0	1,46
Área (m <sup>2</sup> )	106	103,0	104.205,0	7.871,0	2.926,0	15.528,0	1,97
Dimensión fractal	106	1,6	2,3	1,8	1,8	0,1	0,06
Profundidad agregación (m)	106	110,3	559,7	323,6	319,8	104,7	0,32
Fondo (m)	106	133,4	643,7	379,0	377,2	116,0	0,30
Índice Altura (%)	106	0,1	61,4	13,8	7,0	14,9	1,08
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	106	94,0	30.788,0	1.435,0	252,0	3.680,0	2,57
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	106	3,1	799,4	43,5	10,3	106,1	2,44

Zona 3	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	84	10,7	3.680,4	609,8	303,7	747,0	1,23
Alto (m)	84	0,3	35,6	11,3	11,6	7,7	0,68
Elongación	84	2,0	1.983,0	137,0	31,2	335,0	2,45
Perímetro (m)	84	47,0	84.091,0	9.461,0	4.508,0	14.960,0	1,58
Área (m <sup>2</sup> )	84	14,0	96.230,0	8.474,0	2.774,0	16.866,0	1,99
Dimensión fractal	84	1,5	2,2	1,8	1,8	0,1	0,08
Profundidad agregación (m)	84	151,5	567,3	337,9	311,8	95,3	0,28
Fondo (m)	84	155,1	785,3	464,4	448,9	140,4	0,30
Índice Altura (%)	84	0,02	68,3	23,0	17,7	21,4	0,93
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	84	90,0	92.600,0	2.605,0	326,0	10.665,0	4,09
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	84	4,1	700,8	34,3	16,6	81,3	2,37



**Tabla 34.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según zona. Agosto 2018.

Descriptor		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo (m)	Inter-grupos	1,97E+07	2	9,83E+06	7,635	0,001
	Intra-grupos	3,45E+08	268	1,29E+06		
	Total	3,65E+08	270			
Alto (m)	Inter-grupos	5,37E+02	2	2,69E+02	6,520	0,002
	Intra-grupos	1,10E+04	268	4,12E+01		
	Total	1,16E+04	270			
Elongación	Inter-grupos	9,67E+06	2	4,84E+06	1,598	0,204
	Intra-grupos	8,11E+08	268	3,03E+06		
	Total	8,21E+08	270			
Perímetro (m)	Inter-grupos	6,44E+09	2	3,22E+09	5,086	0,007
	Intra-grupos	1,70E+11	268	6,33E+08		
	Total	1,76E+11	270			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	3,57E+09	2	1,79E+09	2,242	0,108
	Intra-grupos	2,14E+11	268	7,97E+08		
	Total	2,17E+11	270			
Dimensión fractal	Inter-grupos	1,44E-01	2	7,21E-02	3,472	0,032
	Intra-grupos	5,56E+00	268	2,08E-02		
	Total	5,71E+00	270			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	5,64E+04	2	2,82E+04	2,847	0,060
	Intra-grupos	2,65E+06	268	9,90E+03		
	Total	2,71E+06	270			
Fondo (m)	Inter-grupos	3,43E+05	2	1,71E+05	8,241	0,000
	Intra-grupos	5,57E+06	268	2,08E+04		
	Total	5,91E+06	270			
Índice altura (%)	Inter-grupos	4,38E+03	2	2,19E+03	6,384	0,002
	Intra-grupos	9,20E+04	268	3,43E+02		
	Total	9,64E+04	270			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,91E+08	2	9,53E+07	1,486	0,228
	Intra-grupos	1,72E+10	268	6,41E+07		
	Total	1,74E+10	270			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	1,58E+04	2	7,88E+03	0,608	0,545
	Intra-grupos	3,47E+06	268	1,30E+04		
	Total	3,49E+06	270			



**Tabla 35.**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2018.

<b>100 - 199 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	22	55,0	4.018,0	861,0	419,0	981,0	1,14
Alto (m)	22	2,5	17,5	7,8	7,0	3,8	0,48
Elongación	22	8,6	538,8	117,3	75,5	125,3	1,07
Perímetro (m)	22	328,0	66.397,0	11.761,0	4.838,0	17.130,0	1,46
Área (m <sup>2</sup> )	22	327,0	51.652,0	7.863,0	3.743,0	12.213,0	1,55
Dimensión fractal	22	1,5	1,9	1,7	1,8	0,1	0,06
Profundidad agregación (m)	22	110,3	177,9	141,2	143,1	18,1	0,13
Fondo (m)	22	126,1	195,0	159,7	154,2	20,1	0,13
Índice Altura (%)	22	1,3	28,5	11,2	9,1	8,3	0,74
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	22	112,0	3.134,0	819,0	264,0	1.057,0	1,29
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	22	3,9	959,4	56,3	8,5	202,1	3,59

<b>200 - 299 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	38	48,0	3.945,0	763,0	534,0	791,0	1,04
Alto (m)	38	1,3	21,7	8,6	7,5	5,0	0,58
Elongación	38	7,5	848,8	127,7	76,0	187,6	1,47
Perímetro (m)	38	490,0	31.973,0	9.155,0	6.050,0	8.817,0	0,96
Área (m <sup>2</sup> )	38	302,0	44.282,0	6.916,0	3.533,0	9.292,0	1,34
Dimensión fractal	38	1,6	2,0	1,8	1,8	0,1	0,06
Profundidad agregación (m)	38	146,5	291,9	230,2	229,5	39,3	0,17
Fondo (m)	38	201,2	298,8	252,8	251,4	28,6	0,11
Índice Altura (%)	38	0,9	36,4	9,3	5,7	9,0	0,97
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	38	90,0	92.600,0	4.327,0	284,0	15.648,0	3,62
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	38	3,7	392,3	41,0	12,9	84,1	2,05

<b>300 - 399 m</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. típ.</b>	<b>CV</b>
Largo (m)	65	10,7	4.119,5	733,7	411,9	788,8	1,08
Alto (m)	65	0,4	29,1	9,6	7,7	6,5	0,67
Elongación	65	5,2	3.375,3	144,4	45,4	423,6	2,93
Perímetro (m)	65	47,0	85.255,0	11.775,0	5.472,0	16.303,0	1,39
Área (m <sup>2</sup> )	65	14,0	84.424,0	8.108,0	3.451,0	13.870,0	1,71
Dimensión fractal	65	1,6	2,3	1,8	1,8	0,1	0,06
Profundidad agregación (m)	65	204,5	391,7	316,8	319,7	43,5	0,14
Fondo (m)	65	300,4	399,7	355,3	359,0	30,5	0,09
Índice Altura (%)	65	0,3	37,3	10,8	8,4	10,3	0,95
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	65	94,0	47.421,0	2.500,0	363,0	6.822,0	2,73
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	65	3,3	700,8	42,2	12,7	98,5	2,34



**Tabla 35. (cont)**

Número de observaciones, valores mínimo, máximo, promedio, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía de las agregaciones detectadas por rango de fondo. Agosto 2018.

400 - 499 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	76	14,0	7.425,0	1.119,0	603,0	1.329,0	1,19
Alto (m)	76	0,1	28,9	9,1	6,8	7,4	0,81
Elongación	76	2,0	27.704,0	645,0	100,0	3.241,0	5,03
Perímetro (m)	76	223,0	137.214,0	18.444,0	8.079,0	28.348,0	1,54
Área (m <sup>2</sup> )	76	88,0	130.531,0	14.690,0	3.145,0	27.211,0	1,85
Dimensión fractal	76	1,7	2,8	1,9	1,8	0,2	0,10
Profundidad agregación (m)	76	155,0	490,3	377,3	402,7	75,5	0,20
Fondo (m)	76	401,2	495,1	444,1	439,4	27,2	0,06
Índice Altura (%)	76	0,02	61,4	15,1	7,9	16,0	1,06
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	76	91,0	41.929,0	2.872,0	480,0	6.252,0	2,18
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	76	3,0	799,4	64,1	18,9	140,0	2,18

500 - 599 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	37	82,0	11.761,0	836,0	430,0	1.889,0	2,26
Alto (m)	37	0,4	32,2	7,8	7,4	6,2	0,79
Elongación	37	7,2	1.983,0	228,8	61,8	399,5	1,75
Perímetro (m)	37	718,0	289.452,0	14.024,0	4.755,0	47.006,0	3,35
Área (m <sup>2</sup> )	37	105,0	377.972,0	13.348,0	1.851,0	61.713,0	4,62
Dimensión fractal	37	1,5	2,2	1,8	1,8	0,1	0,08
Profundidad agregación (m)	37	274,3	567,3	415,0	389,5	102,5	0,25
Fondo (m)	37	504,7	599,0	548,8	556,1	29,3	0,05
Índice Altura (%)	37	0,1	52,3	24,0	30,7	19,9	0,83
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	37	92,0	46.059,0	1.620,0	227,0	7.525,0	4,65
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	37	2,9	458,9	27,5	13,7	73,8	2,68

> 600 m	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. típ.	CV
Largo (m)	33	75,0	2.991,0	711,0	473,0	642,0	0,90
Alto (m)	33	3,5	35,6	12,3	11,9	7,4	0,60
Elongación	33	6,2	296,7	83,6	52,6	84,5	1,01
Perímetro (m)	33	1.485,0	72.258,0	12.132,0	7.363,0	15.017,0	1,24
Área (m <sup>2</sup> )	33	893,0	50.765,0	8.279,0	4.341,0	9.838,0	1,19
Dimensión fractal	33	1,5	1,9	1,8	1,8	0,1	0,07
Profundidad agregación (m)	33	233,1	566,9	321,4	308,6	62,3	0,19
Fondo (m)	33	602,8	785,3	676,9	677,5	48,3	0,07
Índice Altura (%)	33	6,0	69,8	52,0	54,4	11,6	0,22
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	33	92,0	4.857,0	811,0	495,0	974,0	1,20
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	33	2,6	62,7	12,7	6,5	13,5	1,06



**Tabla 36.**

Valores calculados en el test F de un factor y sigma para la comparación de los valores medios de los descriptores según rangos de fondo. Agosto 2018.

Descriptor		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sigma
Largo (m)	Inter-grupos	7,22E+06	5	1,44E+06	1,070	0,377
	Intra-grupos	3,57E+08	265	1,35E+06		
	Total	3,65E+08	270			
Alto (m)	Inter-grupos	4,61E+02	5	9,22E+01	2,198	0,055
	Intra-grupos	1,11E+04	265	4,20E+01		
	Total	1,16E+04	270			
Elongación	Inter-grupos	1,41E+07	5	2,82E+06	0,928	0,463
	Intra-grupos	8,07E+08	265	3,04E+06		
	Total	8,21E+08	270			
Perímetro (m)	Inter-grupos	2,90E+09	5	5,81E+08	0,889	0,489
	Intra-grupos	1,73E+11	265	6,53E+08		
	Total	1,76E+11	270			
Área (m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	2,81E+09	5	5,62E+08	0,695	0,628
	Intra-grupos	2,14E+11	265	8,09E+08		
	Total	2,17E+11	270			
Dimensión fractal	Inter-grupos	5,22E-01	5	1,04E-01	5,332	0,000
	Intra-grupos	5,19E+00	265	1,96E-02		
	Total	5,71E+00	270			
Profundidad agregación (m)	Inter-grupos	1,59E+06	5	3,19E+05	75,744	0,000
	Intra-grupos	1,12E+06	265	4,21E+03		
	Total	2,71E+06	270			
Fondo (m)	Inter-grupos	5,66E+06	5	1,13E+06	1.156,482	0,000
	Intra-grupos	2,59E+05	265	9,78E+02		
	Total	5,91E+06	270			
Índice altura (%)	Inter-grupos	4,74E+04	5	9,47E+03	51,190	0,000
	Intra-grupos	4,90E+04	265	1,85E+02		
	Total	9,64E+04	270			
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	Inter-grupos	3,19E+08	5	6,39E+07	0,992	0,423
	Intra-grupos	1,71E+10	265	6,44E+07		
	Total	1,74E+10	270			
Densidad (NASC*100/m <sup>2</sup> )	Inter-grupos	7,70E+04	5	1,54E+04	1,196	0,311
	Intra-grupos	3,41E+06	265	1,29E+04		
	Total	3,49E+06	270			



**Tabla 37.**  
Matriz de correlaciones entre las variables originales. Agosto 2018.

	Largo	Alto	Elongaci3n	Permetro	3rea	Dimensi3n fractal	Profundidad Agregaci3n	Fondo	3ndice Altura	NASC	Densidad
Largo	1,000	0,340	0,151	0,919	0,880	0,078	-0,066	0,025	0,123	0,485	-0,097
Alto	0,340	1,000	-0,155	0,502	0,518	-0,507	-0,269	0,113	0,435	0,305	-0,191
Elongaci3n	0,151	-0,155	1,000	0,012	-0,018	0,579	0,139	0,041	-0,080	-0,017	0,004
Permetro	0,919	0,502	0,012	1,000	0,948	-0,022	-0,077	0,063	0,183	0,490	-0,094
3rea	0,880	0,518	-0,018	0,948	1,000	-0,117	-0,082	0,060	0,182	0,506	-0,068
Dimensi3n fractal	0,078	-0,507	0,579	-0,022	-0,117	1,000	0,416	0,094	-0,259	-0,099	0,128
Profundidad Agregaci3n	-0,066	-0,269	0,139	-0,077	-0,082	0,416	1,000	0,563	-0,288	-0,023	0,135
Fondo	0,025	0,113	0,041	0,063	0,060	0,094	0,563	1,000	0,604	-0,057	-0,075
3ndice Altura	0,123	0,435	-0,080	0,183	0,182	-0,259	-0,288	0,604	1,000	-0,051	-0,249
NASC	0,485	0,305	-0,017	0,490	0,506	-0,099	-0,023	-0,057	-0,051	1,000	0,178
Densidad	-0,097	-0,191	0,004	-0,094	-0,068	0,128	0,135	-0,075	-0,249	0,178	1,000

**Tabla 38.**  
Valores propios y porcentaje de variabilidad explicada por los componentes. Agosto 2018.

Componente	Valor propio	% Variabilidad	% Acumulado
<b>1</b>	<b>3,595</b>	<b>35,946</b>	<b>35,946</b>
<b>2</b>	<b>2,114</b>	<b>21,135</b>	<b>57,081</b>
<b>3</b>	<b>1,719</b>	<b>17,186</b>	<b>74,268</b>
<b>4</b>	<b>1,038</b>	<b>10,375</b>	<b>84,643</b>
5	0,641	6,411	
6	0,499	4,986	
7	0,257	2,573	
8	0,086	0,863	
9	0,037	0,366	
10	0,016	0,158	



**Tabla 39.**

Correlaciones de las variables originales con los componentes principales. Agosto 2018.

Descriptor	Componente			
	1	2	3	4
Largo	0,862	0,363	-0,133	0,071
Alto	0,694	-0,397	0,188	0,057
Elon	-0,079	0,654	-0,023	0,602
Perímetro	0,932	0,242	-0,069	-0,008
Área	0,936	0,183	-0,068	-0,053
Dimensión fractal	-0,268	0,845	-0,018	0,227
Profundidad Agregación	-0,223	0,636	0,409	-0,570
Fondo	0,092	0,215	0,954	-0,133
Índice Altura	0,352	-0,344	0,721	0,409
NASC	0,605	0,144	-0,242	-0,320



# **A N E X O 1**

---

Talleres





## 1 Taller de Coordinación

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto, se realizó el taller de coordinación con la finalidad de presentar el plan de trabajo, metodologías y procedimientos relevantes para fines del estudio. Este taller se realizó el jueves 19 de julio de 2018 en instalaciones del Instituto de Fomento Pesquero. La lista de asistentes se presenta a continuación:



Jueves 19 julio, 2018.  
Lugar: Sala de Reuniones 2do piso IFOP Valparaíso

Nº	Nombre	Institución	Firma
01	María Jesús Gálvez	SSPA - DAP	
02	Rene A. López Silva	IFOP	
03	Carla Falcón Simondini	Minecon	
04	Sergio Lillo	IFOP	
05			
06			
07			
08			



## 2 Taller de Presentación y Discusión de Resultados

De acuerdo a las bases administrativas del proyecto se realizó un taller de presentación y discusión de resultados, el que tuvo lugar en Valparaíso en el auditorium “*Marcos Espejo Vidal*” del Instituto de Fomento Pesquero, el día martes 17 de abril de 2019. La asistencia al taller contó con la asistencia de actores pertenecientes al entorno del sector pesquero industrial, científicos de las universidades, además de técnicos relacionados con el tema, integrantes del comité científico de la PDA, profesionales sectorialistas de la contraparte técnica y encargados de la administración de estas pesquerías. El programa que se desarrolló en esa oportunidad, la lista de participantes y las principales observaciones y comentarios se presentan a continuación:

### 2.1.- Programa del Taller de Resultados.



**TALLER DE ENTREGA DE RESULTADOS**  
Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones, año 2018.  
CONVENIO DE DESEMPEÑO 2018-19 - IFOP/SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT

**MIÉRCOLES 17 DE ABRIL, 2019**  
Auditorio IFOP, Blanco Encalada N° 839, Valparaíso, Chile

**09:00 hrs.** Bienvenida a los asistentes, antecedentes del proyecto y del crucero de evaluación.  
• René Vargas, IFOP (10').

**Sección 1.**  
**BIOMASA Y COMPOSICIÓN DE TALLAS**

**09:10 hrs.** Biomasa y distribución de merluza de cola y merluza del sur.  
• René Vargas, IFOP (30').

**09:40 hrs.** Biomasa y distribución del stock evaluado de merluza de tres aletas.  
• René Vargas, IFOP (20').

**10:00 hrs.** Composición de tallas y proporción sexual de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.  
• Renato Céspedes, IFOP (35').

**10:35 hrs.** Consultas y discusión resultados Sección 1 (40').

**11:15 hrs.** Coffee-Break ☕

**Sección 2.**  
**EDAD, ASPECTOS REPRODUCTIVOS E ÍTEMS ALIMENTARIOS**

**11:30 hrs.** Composición de edad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas.  
• Vilma Ojeda, IFOP (30').

**12:00 hrs.** Índice gonadosomático, estadios de madurez macroscópicos, ojiva de madurez y fecundidad de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas:  
• Erika López y Paola Troncoso, U. Valparaíso (30').  
• Marianne Lichtenberg, IFOP (20').

**12:50 hrs.** Composición de los principales ítems alimentarios de merluza de cola, merluza del sur y merluza de tres aletas en el área de estudio.  
• Sebastián Klarian, U. Andrés Bello (20').

**13:10 hrs.** Consultas y discusión de resultados Sección 2 (50').

**14:00 hrs.** Cierre del Taller.

**Expositores:**  
IFOP: René Vargas - Renato Céspedes - Vilma Ojeda - Marianne Lichtenberg.  
ACADÉMICOS NACIONALES: Erika López y Paola Troncoso, Universidad de Valparaíso - Sebastián Klarian, Universidad Andrés Bello.



2.2. - Listado de participantes al taller:



N°	Nombre	Institución	Correo	Firma
1	Hector Tommel P	EMDEPES	HTommel@nissui.cl	[Firma]
2	Kenshi Kimura	EMDEPES	kimura@nissui.cl	[Firma]
3	Yohai Saratani	EMDEPES	saratani@nissui.cl	[Firma]
4	Mario Inostroza	Emdepes	minostroza@nissui.cl	[Firma]
5	Erika Lopez	U. Valparaíso	erikalopez.enk@gmail.com	[Firma]
6	Valma Ojeda C	IFOP	valma.ojeda@ifop.cl	[Firma]
7	Hector Bascuñán	SOMAPESCA	hbascu@somapesca.cl	[Firma]
8	Luis Delosue	IFOP	luis.delosue@ifop.cl	[Firma]
9	Alvaro Gómez	SUBPESCA	Agomez@SUBPESCA.cl	[Firma]
10	ALVARO SAAVEDRA	IFOP	alvaro.saaavedra@ifop.cl	[Firma]
11	Renato Cespedes	IFOP	renato.cespedes@ifop.cl	[Firma]
12	M <sup>ra</sup> Cristina Pérez	IFOP	macristina.perez@ifop.cl	[Firma]
13	Lorenzo Flores	SUBPESCA	lflores@SUBPESCA	[Firma]
14	Marcelo San Martín	IFOP	marcelo.sanmartin@ifop.cl	[Firma]
15	Paola Troncoso G.	U. de Valpo	p.troncoso.g@gmail.com	[Firma]





**TALLER DE ENTREGA DE RESULTADOS**

Evaluaci3n del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas, en las aguas exteriores entre la X y XII Regiones, a1o 2018.  
CONVENIO DE DESEMPE1O 2019-19 - IFOP/SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT

MIÉRCOLES 17 DE ABRIL, 2019  
Auditorio IFOP, Blanco Encalada N° 839, Valparaíso, Chile

N°	Nombre	Instituci3n	Correo	Firma
16	Sergio Lillo	IFOP	Sergio.Lillo@ifop.cl	
17	Patricia Ruiz	CEPES	pruiz@cepes.cl	
18	Claudia Barrios	IFOP	claudia.barrios@ifop.cl	
19	Luis Chaoz	IFOP	Luis.Chaoz@ifop.cl	
20	Esteban Verdine	IFOP	esteban.verdine@ifop.cl	
21	Sabrina Medina	UNAB	Sabrina.Medina@unab.cl	
22	Valeria Canajal	FIPES	Valeria.canajal@fipes.cl	
23	Carla Falc3n	Simonsi; Direcci3n	Carla.falcon@simonsi.cl	
24	Marianne Lichtenberg	IFOP	MARIANNE.Lichtenberg@ifop.cl	
25	Sarah Hoff	CEPES	SHOFF@cepes.cl	
26	Francisco Contreras	IFOP	francesco.contreras@ifop.cl	
27	Rene A. Vargas	IFOP	RENE.VARGAS@ifop.cl	
28				
29				
30				



### 2.3. - Resumen de los principales comentarios del taller:

En términos generales del crucero se consultó respecto a la institucionalidad que respecta al proyecto, en cuanto a las posibilidades de realizar un segundo crucero dentro del año, para conocer el estado de estos recursos fuera de la época reproductiva. La posibilidad de extender el crucero en latitud o en el tiempo. A lo que se respondió que, en el año 2014, se realizó una extensión de este crucero hacia el sur hasta la latitud 53°00'S, y los resultados encontrados en esa ocasión no fueron determinantes para considerar el extender la zona de prospección. Respecto a la realización de un segundo crucero en el año, actualmente no existe la disponibilidad económica para realizar otro crucero. Sin embargo, de cambiar esta condición se podría evaluar la mejor fecha para su realización.

Producto que cada vez, se hace más necesario conocer que ocurre en el ambiente donde se encuentran estos recursos evaluados, es que constantemente se solicita incorporar información oceanográfica, meteorológica, o de algún índice que complemente con información ambiental la zona donde se desarrolla el crucero, sobretodo, en caso de no poder realizar mediciones oceanográficas, por imposibilidad técnica de la embarcación que realiza la prospección, como lo ocurrido durante el año 2018. Para resolver ello, se sugirió incorporar algún índice predictivo como el Índice Antártico, en el proyecto del año 2019.

En merluza del sur se concentró gran parte de la atención de los asistentes, en la alta presencia de individuos juveniles y la posibilidad de que pudiese estar ocurriendo un proceso de juvenilización de este recurso, se explicó respecto a esto lo siguiente.

Este tipo de distribuciones de tallas han sido observadas en los cruceros de investigación de los años 2007, 2008 y 2013. Más de 10 años desde que se realiza este estudio, observándose una alta presencia de modas juveniles, la cual es más intensa en los años 2016 y 2017, cuando se registró un importante aporte de estos ejemplares, lo que presentaban una moda entre los 30-49 cm y 35-59 cm, aporte principalmente de machos por sobre hembras, al igual que el presente año donde se observó una importante presencia de individuos de tallas entre 45 y 69 cm.

En merluza de cola destacó entre los auditores, la correspondencia de tallas levemente mayores a lo observado el año anterior, lo cual estaría dando cuenta de una correcta estimación el año 2017, donde se reportó una alta presencia de individuos juveniles con moda entre los 30 y 34 cm, que en el año 2018, fue entre 40 y 44 cm.

Destacó además en merluza de cola, la imposibilidad de ajustar una curva de madurez "Ojiva de madurez", pues no se observaron hembras maduras a tallas menores, lo que imposibilitó obtener un buen ajuste.

Además, se aclaró este año que se abordó con mayor atención, la pregunta realizada en el taller de 2017, respecto a las hembras de merluza de cola que están presentes en el área de desove, pero se conoce que no participan del proceso reproductivo. Se explicó que esa fracción de individuos si bien,



se encuentra presentes en la fecha de la prospección, no son un porcentaje determinante en el proceso.

En relación con merluza de tres aletas, se discutió entre los asistentes, la forma de poder determinar de manera más clara, la fracción de individuos migrantes (>60 cm.) versus los residentes (<40 cm.) en el área, proponiéndose asociar de manera más estrecha la información de la flota pesquera con lo observado durante la prospección en el periodo reproductivo en el mes de agosto.

En merluza de tres aletas, siempre es de interés de los asistentes, las fechas de realización del crucero y si esto está acorde con las fechas de máxima concentración reproductiva en el sector, respondiendo a ello que los índices de IGS, tallas observadas, proporciones de macho y hembras, la forma y zona de una gran agregación reproductiva, dan cuenta que se está sobre una agregación reproductiva, que el presente año se observó levemente más extendida y distribuida dentro del área de estudio. Sin alcanzar aumentos, en niveles importantes, pero viéndose mayor presencia espacial del recurso, que el año anterior.

Un resultado interesante para merluza de tres aletas en el crucero 2018, fue el resultado de su alimentación la cual muestra una importante presencia de camarones dentro de los estómagos estudiados, sin duda una presa con mejor calidad nutritiva, lo cual debiera generar individuos con mejores características físicas, por lo que se esperaría una mejor calidad de sus gametos, dejando abierta la interrogante, de que se debiera esperar para el 2019, un reclutamiento más exitoso.

Las presentaciones realizadas en el taller estarán disponibles permanentemente para consulta, en el siguiente sitio de Google Drive:

<https://drive.google.com/drive/folders/1U3sNEYrKUH5nbqeCRsL3DZAWFhSLUg9>



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

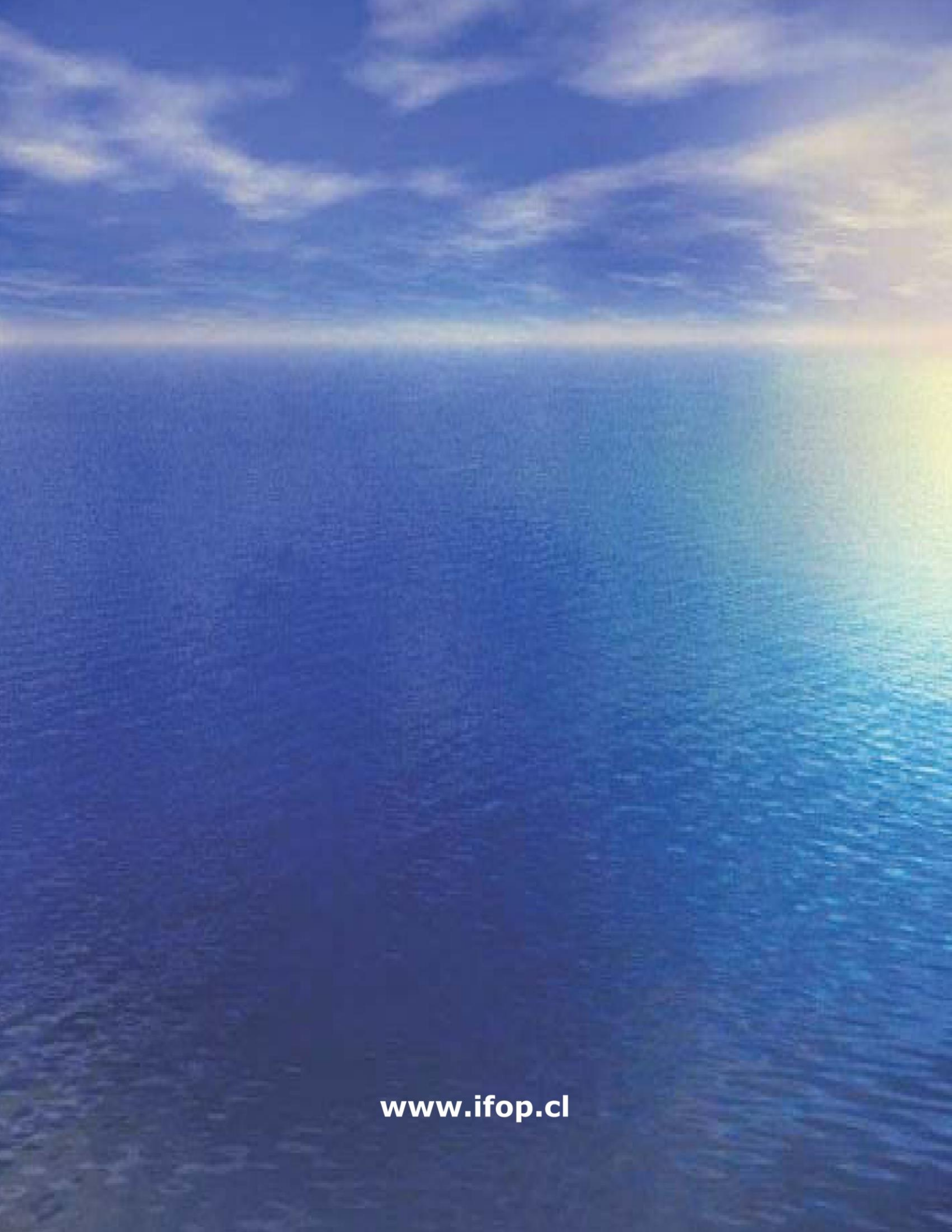
Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---





[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)